



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL
DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN
AUTOTANQUE DE 8000 GL DE CAPACIDAD DE GAS
LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) BAJO LAS NORMAS
NACE.**

**RAFAEL FERNANDO DELGADO JUCA
VÍCTOR HUGO LEMA CONGACHA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROPUESTAS TECNOLÓGICAS

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-10-20

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

RAFAEL FERNANDO DELGADO JUCA

Titulado:

**“DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD DEL
PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE 8000 GL DE
CAPACIDAD DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) BAJO LAS NORMAS
NACE.”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño

DECANO FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo César Sinchiguano Conde

DIRECTOR

Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy

ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-10-20

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

VÍCTOR HUGO LEMA CONGACHA

Titulado:

**“DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD DEL
PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE 8000 GL DE
CAPACIDAD DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) BAJO LAS NORMAS
NACE.”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño

DECANO FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo César Sinchiguano Conde

DIRECTOR

Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy

ASESOR

CERTIFICACION DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: DELGADO JUCA RAFAEL FERNANDO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE 8000 GL DE CAPACIDAD DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) BAJO LAS NORMAS NACE.”

Fecha de Examinación: 2017-06-22

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Pablo César Sinchiguano Conde DIRECTOR			
Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos

PRESIDENTE TRIB.

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LEMA CONGACHA VÍCTOR HUGO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE 8000 GL DE CAPACIDAD DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) BAJO LAS NORMAS NACE.”

Fecha de Examinación: 2017-06-22

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Pablo César Sinchiguano Conde DIRECTOR			
Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos

PRESIDENTE TRIB.

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Delgado Juca Rafael Fernando

Lema Congacha Víctor Hugo

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a Dios, a mi padre Cesar que desde el cielo he sentido su cuidado y con quien comenzó este lindo sueño que hoy estoy culminando. A mis hermanos Tania, Ramón, Isabel y Ana que a lo largo de estos años me han sabido aconsejar, educar, comprender y brindar su apoyo incondicional en las buenas y en especial las malas situaciones vividas a lo largo de mi carrera.

La dedicatoria más especial es para mi persona favorita la cual con solo recordar su nombre he superado todas las adversidades que se me han presentado, una persona la cual es mi mayor fuente de inspiración, es mi ejemplo, es el amor de mi vida mi querida madre Matilde esto es por ti porque te lo mereces.

Delgado Juca Rafael Fernando

La presente Tesis va dedicado para toda mi familia:

Con mucho amor a mis padres, que a pesar de la distancia han velado por mi bienestar y educación, además supieron brindarme sus consejos y apoyo incondicional para poder culminar mi meta anhelada.

A mis hermanas y mi hermano que supieron brindarme su apoyo en cada etapa de mi carrera y además por esas grandes alegrías y diversas emociones que siempre me causaron. A todos mis amigos que durante este largo camino me brindaron su apoyo y consejos para jamás decaer.

Lema Congacha Víctor Hugo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Automotriz por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil para la sociedad.

También agradezco a Dios por permitirme vivir esta linda etapa de mi vida, por darme sabiduría a la hora de tomar las mejores decisiones en bien mío y de mi familia, de la misma manera extendiendo este agradecimiento a todos los miembros de mi familia como lo son mis hermanos y mi madre querida. Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que me supieron apoyar de una u otra manera para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

Delgado Juca Rafael Fernando

A Dios por guiarme siempre en cada decisión que he tomado en mi vida y por las bendiciones que he recibido.

A mis padres por todo el amor, paciencia, entrega y sacrificio que me brindaron durante toda mi formación académica. A mi hermana Norma, que fue como mi segunda madre, siempre estuvo ahí apoyándome en todo momento, creyó siempre en mí y no dudo de mis habilidades.

A mis amigos Rafael “picorin” Delgado y Moisés “squirtle” Gonza, que a pesar de las indiferencias que teníamos, siempre nos manteníamos unidos como grandes amigos que somos y así culminar con éxito un espacio de nuestra vida estudiantil y que la amistad continúe.

A los Ingenieros por compartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi vida estudiantil y que además se convirtieron en amigos incondicionales, en especial al director y asesor de tesis que me supieron colaborar y guiar de la mejor manera.

A la ESPOCH en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y así poder ser alguien en la vida.

Lema Congacha Víctor Hugo

1. INTRODUCCIÓN

1.1.	Antecedentes	1
1.2.	Justificación	1
1.3.	Objetivos	2
1.3.1.	<i>Objetivo general.</i>	2
1.3.2.	<i>Objetivos específicos</i>	2

2. MARCO TEÓRICO

2.1.	NACE.....	3
2.1.1.	<i>Grados de herrumbre.</i>	3
2.1.2.	<i>Grados de preparación.</i>	4
2.2.	Preparación superficial y recubrimientos industriales.....	5
2.2.1.	<i>Preparación de superficies.</i>	5
2.2.2.	<i>Corrosión.</i>	6
2.2.3.	<i>Clasificación y características de los distintos procesos de corrosión.</i>	7
2.2.3.1.	<i>Clasificación según la morfología del ataque.</i>	7
2.2.3.2.	<i>Clasificación según el mecanismo.</i>	8
2.2.4.	<i>Clasificación de los ambientes corrosivos.</i>	8
2.2.5.	<i>Protección Catódica y Anódica.</i>	8
2.2.5.1.	<i>Principios.</i>	9
2.2.5.2.	<i>Sistemas de protección catódica.</i>	9
2.2.6.	<i>Recubrimientos industriales.</i>	10
2.2.6.1.	<i>Composición de los recubrimientos.</i>	10
2.2.6.2.	<i>Propiedades de las películas de recubrimiento.</i>	11
2.2.7.	<i>Tipos de recubrimientos.</i>	12
2.2.7.1.	<i>Recubrimientos metálicos.</i>	12
2.2.7.2.	<i>Recubrimientos inorgánicos. (Cerámicos y vidrios)</i>	12
2.2.7.3.	<i>Recubrimientos sintéticos.</i>	12
2.2.8.	<i>Propiedades físicas de los recubrimientos.</i>	12
2.2.9.	<i>Criterios de recubrimientos.</i>	13

2.2.9.1.	<i>Por su posición en el sistema.</i>	13
2.2.9.2.	<i>Por el tipo de Resina.</i>	13
2.3.	Sistema de pintado.	14
2.3.1.	<i>Sistema epoxi.</i>	14
2.3.2.	<i>Tipos de recubrimientos epoxi.</i>	15
2.4.	Ensayos no destructivos.	17
2.4.1.	<i>Prueba de Condiciones ambientales.</i>	17
2.4.2.	<i>Prueba de Adherencia.</i>	17
2.4.3.	<i>Prueba de discontinuidad.</i>	17
2.5.	Instrumentos de medición.	18
2.5.1.	<i>Medidor de perfil de anclaje.</i>	18
2.5.2.	<i>Medidor de condiciones ambientales.</i>	18
2.5.3.	<i>Medidor de película húmeda.</i>	19
2.5.4.	<i>Medidores de película seca.</i>	20
2.5.5.	<i>Medidor de adherencia.</i>	21
2.5.6.	<i>Medidor de discontinuidad.</i>	22
2.6.	Autotank	22
2.6.1.	<i>Tipos de acero recomendado para la construcción del autotank</i>	23
2.7.	GLP	24
2.7.1.	<i>Efectos de la temperatura.</i>	25
2.8.	Control de calidad	25
2.9.	Control y aseguramiento de la calidad (QA Y QC)	25
3.	DISEÑO DEL MANUAL DEL PROCEDIMIENTO	
3.1.	Metodología de la observación.	27
3.2.	Metodología documental bibliográfica.	27
3.3.	Metodología experimental.	27
3.4.	Variables del procedimiento de control de calidad.	27
3.4.1.	<i>Variables independientes.</i>	28
3.4.1.1.	<i>Calidad del proceso de preparación superficial.</i>	28
3.4.1.2.	<i>Calidad de los recubrimientos industriales.</i>	28
3.4.1.3.	<i>Calificación del personal.</i>	28
3.4.1.4.	<i>Ensayos no destructivos al sistema de pintado.</i>	29
3.4.2.	<i>Variables dependientes.</i>	29
3.4.2.1.	<i>Cumplimiento del cronograma de actividades.</i>	29
3.4.2.2.	<i>Material excedente.</i>	29

3.4.2.3.	<i>Accidentes laborables.</i>	30
3.4.2.4.	<i>Costos de preparación y recubrimiento superficial.</i>	30
3.5.	Diseño del manual de procedimientos de preparación de superficie y aplicación de recubrimientos.	32
3.5.3.	<i>Codificación.</i>	35
3.5.4.	<i>Proceso general de la fabricación del autotanque.</i>	35
3.5.5.	<i>Proceso de preparación superficial.</i>	37
3.5.5.1.	<i>Preparación de superficie externa e interna del autotanque.</i>	38
3.5.6.	<i>Sistemas de recubrimiento.</i>	42
3.5.6.1.	<i>Sistemas de recubrimientos para autotanques.</i>	42
3.5.6.2.	<i>Sistema de recubrimiento a emplear en el autotanque de 8000 galones de GLP.</i>	43
3.5.6.3.	<i>Marcas de recubrimientos industriales.</i>	43
3.5.6.4.	<i>Análisis comparativo de los recubrimientos industriales.</i>	52
3.5.7.	<i>Procedimiento para la aplicación de recubrimiento exterior del autotanque.</i>	56
3.6.	Métodos de aplicación.	59
3.6.1.	<i>Aplicación a pistola.</i>	59
3.6.2.	<i>Aplicación a brocha.</i>	60
3.7.	Lista de actividades del procedimiento de preparación y recubrimiento superficial del autotanque de GLP	60
3.8.	Manual de procedimiento.	65

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Formato para la solicitud de servicios de preparación y recubrimiento superficial.	105
4.2.	Formato de la ficha técnica para la recepción del autotanque.	106
4.3.	Modelo de formato de pruebas a realizar para el recubrimiento superficial.	107
4.4.	Resultados y análisis del perfil de anclaje según la norma NACE RP 0287.	109
4.4.1.	<i>Registro de la prueba de perfil de anclaje a la superficie externa del autotanque.</i>	109
4.4.2.	<i>Registro de la prueba de perfil de anclaje a la superficie interna del autotanque.</i>	110
4.5.	Formato de pruebas a realizar para el recubrimiento superficial.	111
4.6.	Resultados y análisis de las condiciones climáticas según la norma ISO 8502-4.	113
4.6.1.	<i>Registro de la prueba de condiciones climáticas para la aplicación de los recubrimientos.</i>	113
4.6.2.	<i>Análisis de las condiciones climáticas.</i>	114
4.7.	Formato de pruebas a realizar para el recubrimiento superficial.	115

4.8.	Resultados y análisis de las pruebas de medición de espesores y adherencia del recubrimiento según la norma ASTM D3359 y SSPC-PA2.....	117
4.8.1.	<i>Registro de la prueba de espesores y adherencia para la primera capa de aplicación de recubrimiento externo.....</i>	<i>117</i>
4.8.2.	<i>Cálculo y análisis de las mediciones de espesor del recubrimiento externo de la primera capa.</i>	<i>119</i>
4.8.3.	<i>Registro de la prueba de espesores y adherencia para la segunda capa de aplicación de recubrimiento externo.</i>	<i>124</i>
4.8.4.	<i>Cálculo y análisis de las mediciones de espesor del recubrimiento externo de la segunda capa.</i>	<i>126</i>
4.8.5.	<i>Registro de la prueba de espesores y adherencia para la tercera capa de aplicación de recubrimiento externo.....</i>	<i>131</i>
4.8.6.	<i>Cálculo y análisis de las mediciones de espesor del recubrimiento externo de la tercera capa.</i>	<i>133</i>
4.9.	Formato de pruebas a realizar para el recubrimiento superficial.	138
4.10.	Resultados y análisis de la prueba de detección de discontinuidades según la norma NACE RP0188	140
4.10.1.	<i>Registro de la prueba de detección de discontinuidades Holiday Detector.</i>	<i>140</i>
4.11.	Resumen de ensayos y resultados.	141

5. ESTUDIO DE COSTOS

5.1.	Detalle de costos directos.....	143
5.2.	Costos indirectos	144
5.3.	Costos totales	144
	Conclusiones	145
	Recomendaciones.....	146

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2-1. Normas internacionales de preparación de superficies metálicas.....	6
Tabla 2-2 Rangos de temperaturas de trabajo de los aceros.....	24
Tabla 3-1 Equivalencias entre las normas NACE y las SSPC.....	28
Tabla 3-2 Medición de variables independientes.....	31
Tabla 3-3 Medición de variables dependientes.....	31
Tabla 3-4 Simbología para diagramas de flujo.....	34
Tabla 3-5 Características del acero SA 516 70.....	37
Tabla 3-6 Equivalencias del acero SA-516-70 en diferentes normas.....	37
Tabla 3-7 Características de los recubrimientos CARBOLINE.....	45
Tabla 3-8 Características de los recubrimientos JET.....	46
Tabla 3-9 Características de los recubrimientos SIGMA.....	47
Tabla 3-10 Características de los recubrimientos DEVOE.....	48
Tabla 3-11 Características de los recubrimientos HEMPEL.....	49
Tabla 3-12 Características de los recubrimientos INTERNACIONAL.....	51
Tabla 3-13 Cuadro comparativo de los recubrimientos industriales.....	52
Tabla 3-14 Métodos de aplicación de pinturas.....	59
Tabla 3-15 Actividades del procedimiento de preparación y recubrimiento superficial.....	61
Tabla 4-1 Procedimiento a realizar.....	107
Tabla 4-2 Procedimiento a realizar.....	111
Tabla 4-3 Cuadro comparativo de las temperaturas de trabajo.....	114
Tabla 4-4 Procedimiento a realizar.....	115
Tabla 4-5 Datos para el cálculo de la primera capa – cuerpo lateral.....	119
Tabla 4-6 Datos para el cálculo de la primera capa – casquete.....	121
Tabla 4-7 Datos para el cálculo de la segunda capa – cuerpo lateral.....	126
Tabla 4-8 Datos para el cálculo de la segunda capa – casquete.....	128
Tabla 4-9 Datos para el cálculo de la tercera capa – cuerpo lateral.....	133
Tabla 4-10 Datos para el cálculo de la tercera capa – casquete.....	135
Tabla 4-11 Procedimiento a realizar.....	138
Tabla 4-12 Síntesis de ensayos y resultados.....	141

Tabla 5-1	Descripción de costos de alquiler.....	143
Tabla 5-2	Costos directos.....	144
Tabla 5-3	Costos indirectos.....	144
Tabla 5-4	Costos totales.....	144

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2-1. Grados de corrosión.....	4
Figura 2-2. Grados de preparación.....	5
Figura 2-3. Tipos de corrosión.....	7
Figura 2-4. Protección catódica.....	9
Figura 2-5. Cinta réplica.....	18
Figura 2-6. Psicrómetro.....	19
Figura 2-7. Medidor de espesor por rueda.....	20
Figura 2-8. Medidor de espesor por ultrasonidos.....	20
Figura 2-9. Medidor de espesor de capas por inducción magnética.....	21
Figura 2-10. Kit de medición de adherencia mediante cinta adhesiva.....	21
Figura 2-11. Detector Holiday de Esponja Húmeda.....	22
Figura 2-12. Partes de un autotanque.....	23
Figura 2-13. Parasol y boca de hombre.....	23
Figura 3-1. Modelo de codificación	35
Figura 3-2. Diagrama de flujo del proceso de fabricación del autotanque de 8000 gl.....	36
Figura 3-3. Cepillo eléctrico.....	38
Figura 3-4. Cabina de limpieza.....	39
Figura 3-5. Diagrama de flujo de la preparación superficial interna del autotanque...	40
Figura 3-6. Diagrama de flujo de la preparación superficial externa del autotanque..	41
Figura 3-7. Gráfica comparativa de la primera capa de recubrimiento.....	53
Figura 3-8. Gráfica comparativa de la segunda capa de recubrimiento.....	53
Figura 3-9. Gráfica comparativa de la tercera capa de recubrimiento.....	54
Figura 3-10. Gráfica comparativa de los rendimientos teóricos.....	55
Figura 3-11. Gráfica comparativa de los porcentajes de sólidos.....	55
Figura 3-12. Tanque de presurizado.....	56
Figura 3-13. Recubrimiento sobrerociado.....	57
Figura 3-14. Diagrama de flujo del procedimiento de recubrimiento exterior del autotanque.....	58
Figura 4-1. Gráfica de probabilidad del proceso de primera capa – cuerpo lateral....	120

Figura 4-2	Informe de capacidad del proceso de primera capa - cuerpo lateral.....	121
Figura 4-3	Gráfica de probabilidad del proceso de primera capa – casquete.....	122
Figura 4-4	Informe de capacidad del proceso de primera capa – casquete.....	123
Figura 4-5	Gráfica de probabilidad del proceso de segunda capa – cuerpo lateral....	127
Figura 4-6	Informe de capacidad del proceso de segunda capa – cuerpo lateral.....	128
Figura 4-7	Gráfica de probabilidad del proceso de segunda capa – casquete.....	129
Figura 4-8	Informe de capacidad del proceso de la segunda capa – casquete.....	130
Figura 4-9	Gráfica de probabilidad del proceso de tercera capa – cuerpo lateral.....	134
Figura 4-10	Informe de capacidad del proceso de la tercera capa – cuerpo lateral.....	135
Figura 4-11	Gráfica de probabilidad del proceso de tercera capa – casquete.....	136
Figura 4-12	Informe de capacidad del proceso de la tercera capa – casquete.....	137

SIMBOLOGÍA

Km	Distancia	m
Gl	Galones	Litros
v	Velocidad	m/s
μm	Micrones	10^{-6} m
BH	Bulbo Húmedo	°C
HR	Humedad Relativa	%
TS	Temperatura de Superficie	°C
PR	Punto de Rocío	°C
V	Volumen de Sólidos	%
p	Presión	PSI
RT	Rendimiento Teórico	m^2/gl
RP	Rendimiento Práctico Estimado	m^2/gl
Rpf	Rendimiento Práctico Estimado Final	m^2/gl

LISTA DE ABREVIACIONES

NACE	Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión
SSPC	Sociedad de Recubrimientos Protectores
ASTM	Asociación Americana de Ensayo de Materiales
ISO	Organización Internacional de Estándares
GLP	Gas Licuado de Petróleo
SO	Soleado
LL	Lluvioso
NP	Nublado Parcial
NT	Nublado Total
L	Limpieza
AR	Arenado
RE	Recubrimiento
DCA	Determinación de Condiciones Ambientales.
PRS	Preparación y Recubrimiento Superficial
DEEA	Determinación de Espesores Externos de película seca y prueba de Adherencia.
DEIA	Determinación de Espesores Internos de película seca y prueba de Adherencia.
DSE	Determinación de preparación de Superficie Externa.
DSI	Determinación de preparación de Superficie Interna.
DD	Detección de Discontinuidades
PR	Procedimiento
R	Registro
S	Solicitud
A	Autotank
E	Ensayo
FM	Facultad de Mecánica
FT	Ficha Técnica

LISTA DE ANEXOS

Anexo A	SSPC-SP1
Anexo B	NACE 1/SSPC-SP5
Anexo C	NACE 2/SSPC-SP10
Anexo D	NACE 4/SSPC-SP7
Anexo E	NACE RP 0287
Anexo F	NACE RP 0188
Anexo G	ASTM D3359
Anexo H	SSPC GUIA 15
Anexo I	SSPC-PA2
Anexo J	Carbozinc 11
Anexo K	Carboguard 890
Anexo L	Carbothane 134 HG

RESUMEN

Mediante el presente trabajo se desarrolló el procedimiento de control de calidad al proceso de pintura de un autotanque basado en la normativa NACE con la finalidad de generar un mayor aseguramiento en la calidad de la construcción. Se inició con la revisión de la normativa NACE para identificar las especificaciones y metodología a aplicar, tanto para el uso de solventes de limpieza como procesos mecánicos, además del granallado mineral; luego de analizar los diferentes sistemas de aplicación de pintura propuestos por la Red PATINA (Protección Anticorrosiva de Metales en la Atmosfera), que basados en estudios expuestos a atmósferas industriales recomienda un sistema tricapa de 190 micras de espesor, compuesto por: primera capa de 50 micras, capa intermedia de 90 micras y capa final de 50 micras, el cual garantiza una elevada protección anticorrosiva con las dos primeras capas y un acabado estético mediante la última capa. Para el recubrimiento exterior se analizaron algunas marcas comerciales de recubrimientos, los parámetros evaluados fueron el rendimiento teórico, espesores de película y porcentaje de sólidos. Se recurrieron a pruebas tales como medición de perfil de rugosidad, método de discontinuidad, control de espesores y adherencia, y además se realizó un cálculo del índice de capacidad para determinar si el control del proceso es adecuado. Con la investigación realizada se determina que el proceso de control de calidad aplicada al autotanque aumenta el nivel de aseguramiento del mismo y confianza en el proceso de pintura a fin de garantizar una prolongada vida útil al autotanque. Por lo tanto en nuestro estudio se comprueba que con un correcto control de calidad, sujeto a normas y fichas técnicas, se obtiene un trabajo garantizado que incurre en reducción de tiempos de labor y gasto económico además de la eliminación de retrabajos.

PALABRAS CLAVE: <CORROSIÓN>, <NORMA ASOCIACIÓN NACIONAL DE INGENIEROS DE CORROSIÓN (NACE)>, <CONTROL DE CALIDAD>, <NORMA SOCIEDAD DE RECUBRIMIENTOS PROTECTORES (SSPC)>, <AUTOTANQUE DE CABEZA SEMIESFÉRICA>, <GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)>, <PREPARACIÓN SUPERFICIAL>, <RECUBRIMIENTO INDUSTRIAL>, <RUGOSIDAD>, <MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS>.

ABSTRACT

Through the present work the process of quality control was developed to the process of painting a tank based on the NACE regulations with the purpose of generating a mayor assurance in the quality of the construction. It has started with the revision of the NACE regulations to identify the specifications and methodology to apply, both for the use of cleaning solvents and for the mechanical processes, in addition to the granulate mineral; after analyzing the different paint application systems proposed by the PATINA Network (Anticorrosive Protection of Metals in the Atmosphere), which was based on studies exposed to industrial atmospheres recommend a system of 190 microns thick, consisting of: first layer of 50 microns, intermediate layer of 90 microns and final layer of 50 microns, which guarantees a high anticorrosive protection with the first two layers and an aesthetic finish through the last layer. For the outer coating some commercial brands of coatings were analyzed, the parameters evaluated were theoretical yield, film thickness and percent solids. Testing stories such as roughness profile measurement, discontinuity method, thickness control and adhesion will be used, as well as a calculation of the capacity index to determine if the process control is adequate. With the research carried out it is determined that the quality control process applied to the tank increases the level of assurance of the same and confidence in the painting process. Therefore in our study it is verified that with a correct quality control, subject to standards and technical data sheets, it obtains a guaranteed work that incurs reduction of working times and economic expenses and the elimination of rework.

KEY WORDS: <CORROSION>, <NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS (NACE)>, <QUALITY CONTROL>, <STANDARD PROTECTIVE COVERING STANDARD (SSPC)>, <SEMPERPHIC HEAD AUTOTANK>, <PETROLEUM LIQUEFIED GAS>, <PREPARATION SURFACE>, <INDUSTRIAL COATING>, <ROUGHNESS>, <MACHINERY AND TOOLS>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El sector petrolero es el que más contribuye a la riqueza del país, posee un crecimiento acelerado en la industria hidrocarburífera y su impacto es determinante para varios sectores industriales como transporte, generación eléctrica, etc.

En Ecuador el transporte de crudo en largas distancias se lo realiza por medio de oleoductos, poliductos y gasoductos alcanzando grandes longitudes. El transporte desde las plantas y depósitos a los diferentes lugares del país, se lo hace mediante autotanques a cargo de transportistas. El sistema de autotanques es el más adecuado para transportar líquidos de manera segura minimizando riesgos para las personas ajenas al sector, los operadores, inclusive daños a la propiedad y al medio ambiente.

Actualmente no se da la suficiente importancia a la correcta preparación de superficies y aplicación de recubrimiento en la construcción de autotanques de Gas Licuado de Petróleo, lo cual representa pérdidas económicas para los propietarios de estos automotores ya que el deterioro exterior debido a la corrosión implica la inoperancia del vehículo hasta llegar en algunos casos a la reducción de espesores los cuales pueden originar otras complicaciones, es común encontrar autotanques deteriorados por estos defectos.

1.2. Justificación

En la actualidad se trata de mejorar la calidad en el proceso de fabricación de autotanques, para lo cual las empresas que fabrican estos vehículos pretenden entregar un producto idóneo para el trabajo que desempeñan, por lo cual dentro de sus procesos es importante contar con inspectores de corrosión y recubrimientos calificados con conocimientos técnicos sobre la aplicación de revestimientos industriales, además de las respectivas inspecciones basadas en normas internacionales garantizando de esta forma un producto de buenas condiciones.

El presente estudio tiene como objetivo implementar un proceso de control de calidad para la preparación y aplicación de recubrimiento superficial de pinturas de alto desempeño para un autotanque de 8000 gl de GLP. Para establecer los procesos adecuados de supervisión y control de calidad se acudirá a estándares internacionales como son: NACE, SSPC, ISO, ASTM, con la finalidad de tener un sustento legal con el cual se puedan realizar los ensayos acorde a procesos y equipos estandarizados de tal forma que el control de calidad quede garantizado en el trabajo a desempeñar.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Desarrollar el procedimiento de control de calidad del proceso de pintura para un autotank de 8000 GL de capacidad de gas licuado de petróleo (GLP) bajo las normas NACE.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar el procedimiento idóneo para la preparación de superficie y aplicación de recubrimiento en un autotank de GLP para su correcta aplicación.

Seleccionar el tipo de recubrimiento adecuado para la aplicación en superficies en un autotank de GLP mediante una selección en catálogos con el fin de comparar con las especificaciones de norma.

Fundamentar el producto en base a las normas NACE empleando manuales instructivos para la adecuada preparación de superficie y aplicación de recubrimientos en un autotank de GLP.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. NACE

NACE International fue originalmente conocido como “La Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión”, cuando se estableció en 1943 por once ingenieros de corrosión en la industria de la tubería. (Nace, 2016)

NACE International es el líder en la comunidad de ingeniería de la corrosión y la ciencia, y es reconocido en todo el mundo como la autoridad principal de soluciones de control de la corrosión. Las prácticas estándar NACE son los métodos de selección, diseño, instalación, operación o de un material o sistema cuando la corrosión es un factor. (Nace, 2016).

Nace 1. El 100% de la superficie deberá estar libre de grasa, aceite, polvo, óxido, cascarilla de laminación, recubrimiento viejo o cualquier otro contaminante. El acabado presenta un color gris claro uniforme y su apariencia cambiará según el abrasivo usado.

Nace 2. La superficie deberá estar libre de grasa, aceite, polvo, óxido, escama de laminación, recubrimiento viejo o cualquier otro contaminante. El acabado presenta ligeras manchas, vetas y decoloraciones en un porcentaje menor o igual al 5%.

Nace 3. La superficie deberá estar libre de grasa, aceite, polvo, óxido, escama de laminación, recubrimiento viejo o cualquier otro contaminante. El acabado presenta ligeras manchas, vetas y decoloraciones en un porcentaje máximo del 33%. Si la superficie está picada pueden presentarse residuos de óxido y recubrimiento viejo.

Nace 4. La superficie deberá estar libre de grasa, aceite, polvo, óxido flojo, escama de laminación floja, recubrimiento flojo, excepto que el óxido, escama de laminación y recubrimientos adheridos pueden permanecer en la superficie.

2.1.1. Grados de herrumbre.

Grado A. Superficie de acero con la capa de laminación intacta en toda la superficie y prácticamente sin corrosión. (Cym, 2012)

Grado B. Superficie de acero con principio de corrosión y en la cual la capa de laminación comienza a desprenderse. (Cym, 2012)

Grado C. Superficie de acero en donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión o la capa de laminación puede ser eliminada por raspado, pero en la cual no se han formado en gran escala cavidades visibles. (Cym, 2012)

Grado D. Superficie de acero en donde la capa de laminación ha sido eliminada por la corrosión y se han formado en gran escala cavidades visibles. (Cym, 2012)

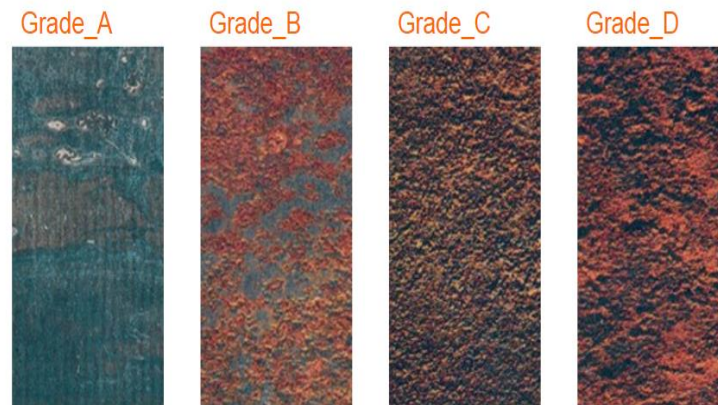


Figura 2-1. Grados de corrosión.

Fuente. (Cym, 2012)

2.1.2. Grados de preparación.

Grado SP5 Arenado a metal blanco. La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido, capa de laminación restos de pintura sin excepciones. Es utilizada donde las condiciones son extremadamente severas, con contaminantes ácidos, sales en solución, etc.

Grado SP6 Arenado – Granallado Comercial. La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido y los restos de capa de laminación no deben superar al 33% de la superficie en cada pulgada cuadrada de la misma. (Cym, 2012)

Grado SP7 Arenado – Granallado Rápido. La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, capa suelta de laminación, óxido suelto y capas de pintura desprendidas. Conserva la capa de laminación donde está firmemente adherida. (Cym, 2012)

Grado SP10 Arenado – Granallado cercano a metal Blanco. La superficie debe verse libre de aceite, grasa, polvo, óxido, capa de laminación, restos de pintura y otros materiales extraños. Se admite hasta un 5% de restos que pueden aparecer sólo como distinta coloración en cada pulgada cuadrada de la superficie. (Cym, 2012)

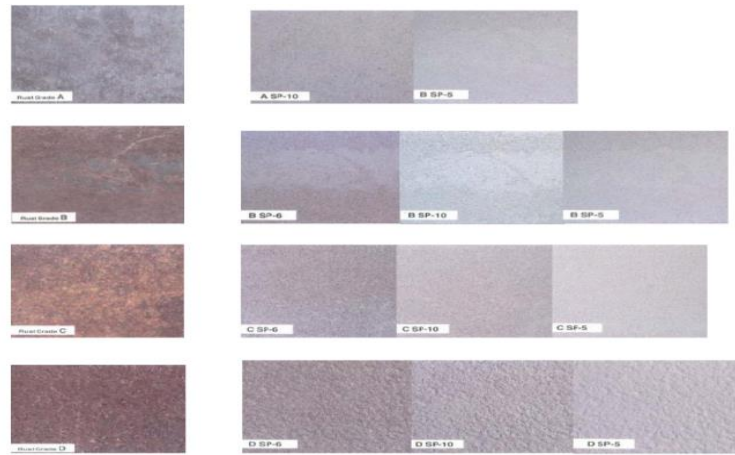


Figura 2-2. Grados de preparación.

Fuente. (Cym, 2012)

2.2. Preparación superficial y recubrimientos industriales.

2.2.1. Preparación de superficies.

Llámesse a la limpieza que se efectúa, antes de aplicar la pintura, con el fin de eliminar todo tipo de agente contaminante, partículas sueltas o mal adheridas, que sean ajenas a la superficie, dejándola lista para recibir la pintura. Estos se usan para aislar las regiones anódicas y catódicas y además impiden la difusión del oxígeno o del vapor de agua, las cuales son la causa principal de la corrosión o la oxidación; la oxidación se produce en lugares húmedos, pero existen método para que esto no ocurra, como por ejemplo la capa de pintura. (Garcia, 2003)

La elección del método de preparación de superficies a adoptar en el pintado de una estructura de acero viene influenciado por muchos factores: (Fancutt, y otros, 1971)

- El ambiente en que se haya situada la estructura.
- El estado superficial de las planchas y perfiles.
- La facilidad de acceso para mantenimientos futuros.
- El valor real de la preparación de superficies.

Tabla 2-1. Normas internacionales de preparación de superficies metálicas.

	SSPC	Descripción
Limpieza con solventes	SP 1	Limpieza con solvente
Limpieza manual	SP 2	Limpieza manual
Limpieza motriz	SP 3	Limpieza motriz
Limpieza con llama y escobilla	SP 4	Limpieza con llama
Chorro abrasivo metal blanco	SP 5	Arenado Grado 1
Chorro abrasivo comercial	SP 6	Arenado Grano 2
Chorro abrasivo Brush off	SP 7	Arenado Grano 3
Decapado	SP 8	Decapado
Exposición ambiental y chorro abrasivo	SP 9	-----
Chorro abrasivo casi blanco	SP 10	Arenado Grado 4

Fuente: (García, 2003 pag, 19)

2.2.2. Corrosión.

Se define como la reacción química o electroquímica de un metal o aleación con su medio circundante, con lo que implica el deterioro de sus propiedades. La reacción básica de corrosión consiste en: tránsito del metal o aleación de su forma elemental a la forma iónica o combinada. Para que este proceso se complete, los electrones deben estar fijos por alguna sustancia oxidante (oxígeno o protones) presentes en el medio en contacto con el metal. (Huerta, 2012)

Ánodo: El electrodo de una celda electroquímica en la que ocurre la oxidación. Los electrones fluyen fuera del ánodo en el circuito externo. Normalmente se produce corrosión y los iones metálicos entran en la solución en el ánodo. (Huerta, 2012)

Cátodo: El electrodo de una célula electroquímica en la que la reducción es la reacción principal. Los electrones fluyen hacia el cátodo en el circuito externo. (Huerta, 2012)

Ruta metálica: Conecta el ánodo y el cátodo permitiendo el paso de electrones, generados en el ánodo, hacia el cátodo. (Huerta, 2012)

Electrolito: Una sustancia o mezcla química que contiene iones que migran en un campo eléctrico. (Huerta, 2012)

2.2.3. Clasificación y características de los distintos procesos de corrosión.

2.2.3.1. Clasificación según la morfología del ataque.

Corrosión uniforme, homogénea o generalizada. El ataque se extiende, de forma homogénea, sobre toda la superficie metálica, y por tanto, la penetración media es aproximadamente la misma en todos los puntos. (Huerta, 2012)

Corrosión en placas o selectivas. El ataque no se distribuye de forma homogénea, localizándose, por el contrario, en determinadas zonas de la superficie metálica. (Huerta, 2012)

Corrosión por picadura. El ataque se localiza en zonas aisladas de la superficie, afectando a un porcentaje pequeño de esta y su tamaño no suele superar más de 1 o 2 mm² por cada picadura y se propaga hacia el interior del metal formando pequeños túneles que avanzan habitualmente con bastante rapidez. (Huerta, 2012)

Corrosión en resquicio. Se presenta en uniones, intersticios, zonas de solape, zonas roscadas, y en general en aquellas regiones mal aireadas o en las cuales la renovación del medio corrosivo está condicionada por mecanismos de difusión. (Huerta, 2012)

Corrosión intergranular. Se habla en general de corrosión intergranular cuando el ataque se localiza en los límites del grano del material metálico. (Huerta, 2012)

Corrosión bajo tensión. Se conoce también como corrosión fisurante y se da cuando la aleación está sometida a tensión mecánica, bien sea aplicada o residual y se encuentra en un medio muy agresivo. (Huerta, 2012)

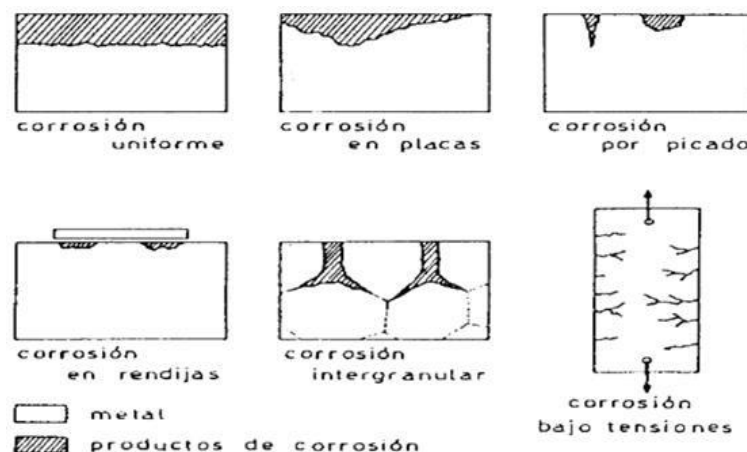


Figura 2-3. Tipos de corrosión.

Fuente. <http://es.slideshare.net/richardcaceres23/ingenieria-de-la-corrosion>.

2.2.3.2. *Clasificación según el mecanismo.*

Corrosión electroquímica. La corrosión se debe a la actuación de pilas electroquímicas sobre la superficie metálica, en las que el metal sufre disolución en las regiones anódicas. (Huerta, 2012)

Corrosión directa. También se conoce como corrosión seca o corrosión a alta temperatura. Se da fundamentalmente cuando el material metálico opera a alta temperatura y, por tanto, no existe la posibilidad de que aparezca una película de humedad sobre la superficie metálica. (Huerta, 2012)

2.2.4. *Clasificación de los ambientes corrosivos.*

Categoría 1. Exposición permanente al ataque de productos químicos de agresividad alta, líquidos, sólidos, gases condensados, en solución o suspensión, por contacto directo, inmersión, salpique o rociado. (Contacto, 2016)

Categoría 2. Exposición intermitente al ataque de productos químicos de agresividad intermedia, líquidos, sólidos, gases condensados, en solución o suspensión, por contacto directo, inmersión, salpique o rociado. (Contacto, 2016)

Categoría 3. Exposición ocasional al ataque de productos químicos de agresividad baja, líquidos, sólidos, gases condensados, en solución o suspensión, por contacto directo, inmersión, salpique o rociado. (Contacto, 2016)

Categoría 4. Exposición al ataque de atmósferas normales libres de contaminación. (Contacto, 2016)

Las categorías se han establecido con base en cuatro factores:

- La periodicidad del ataque (permanente, intermitente, ocasional).
- La agresividad de los productos (alta, intermedia, baja).
- El estado físico en que se encuentra el producto (líquido, sólido, gas u otros).
- La forma de contacto entre el objeto y el agente destructor (directo, inmersión, salpique o rociado). (Contacto, 2016)

2.2.5. *Protección Catódica y Anódica.*

La protección catódica y la protección anódica son técnicas electroquímicas usadas para el control de la corrosión. La protección catódica tiene un amplio uso en una variedad de medio ambientes, incluyendo inmersión en líquidos y en suelos. La protección anódica tiene una limitada, pero importante aplicación en ambientes químicos. (Nace, 2004)

2.2.5.1. Principios.

La protección catódica reduce o elimina la corrosión haciendo del metal de interés el cátodo mediante una corriente impresa o la fijación de un ánodo galvánico (usualmente magnesio, aluminio, o zinc). (Nace, 2004)

El cátodo en una celda electroquímica es el electrodo donde la reducción (y no la corrosión) ocurre. Antes que la protección catódica sea aplicada, las estructuras con corrosión tendrán áreas catódicas y anódicas (aquellas áreas donde la corrosión está ocurriendo). Si todas las áreas anódicas pueden ser convertidas en áreas catódicas, toda la estructura se convertirá en un cátodo y la corrosión será reducida. (Nace, 2004)

La corrosión ocurre donde una corriente (positiva) descarga del metal al electrolito en un ánodo. El objetivo de la protección catódica es forzar a la superficie entera a actuar como un cátodo, con corriente entrando al medio ambiente y limitando que la corrosión ocurra. La aplicación de corriente directa a una estructura metálica con que está sufriendo corrosión, puede causar que la estructura se vuelva completamente catódica. (Nace, 2004)

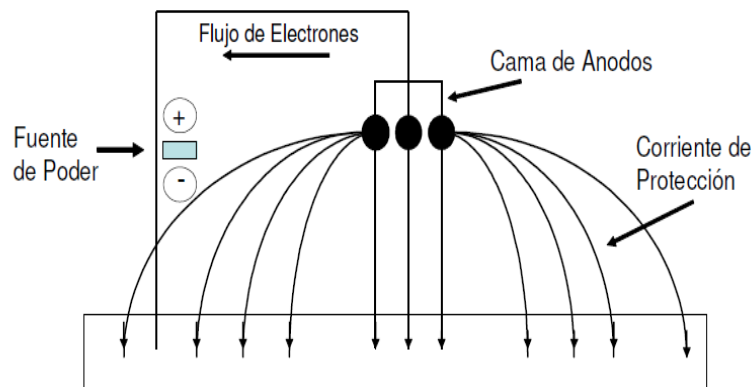


Figura 2-4. Protección catódica.

Fuente. (Nace, 2004)

2.2.5.2. Sistemas de protección catódica.

a) **Sistemas de Protección Catódica Por Ánodos de Sacrificio.** En el sistema de ánodos galvánicos, piezas de un metal activo, tal como zinc o magnesio, son puestas en contacto con el medio corrosivo y son conectadas eléctricamente a la estructura a ser protegida. Los ánodos galvánicos se corroen preferencialmente, dando protección a la estructura. (Nace, 2004)

b) **Sistemas de protección catódica por corriente impresa.** En un sistema de protección por corriente impresa, una fuente de poder externa de corriente directa es conectada (o impresa) entre la estructura a ser protegida y la cama de ánodos. Con un sistema de corriente impresa, los ánodos en la cama de ánodos en el suelo no dependen como una fuente de energía eléctrica. En vez de

eso, una fuente de poder externa de corriente directa es conectada (o impresa) entre la estructura a ser protegida y la cama de ánodos. (Nace, 2004)

c) **Sistemas de Ánodos por Corriente Impresa.** Las camas de ánodos son forzadas a descargar corriente y se corroerán. En la mayoría de los casos, es deseable usar materiales de ánodo que son consumidos a velocidades relativamente bajas. La camas de ánodos deben ser diseñadas para descargar grandes cantidades de corriente y aún tener una expectativa de vida larga. (Nace, 2004)

2.2.6. Recubrimientos industriales.

El recubrimiento es una materia pastosa y líquida constituida por una suspensión de unas materias sólidas insolubles (pigmentos que le dan color y materiales de carga que la espesan) dentro de una preparación líquida que también hace las veces de un aglomerante compuesto por disolventes. (Gil, 2001)

2.2.6.1. Composición de los recubrimientos.

Existen recubrimientos de varios grados de viscosidad, varios grados de contenido sólidos de varias maneras para transformar estos fluidos en sólidos: Estos procedimientos pueden ser oxidativos, evaporativas, catalizados, secados a alta temperatura, por radiación, etc. (García, 2003)

Esta película debe ser suficientemente coherente y poseer una excelente adherencia a la base. El formador de película (aglutinante, binder o resina) debe necesariamente encontrarse en estado de líquido al aplicar el revestimiento y ello se logra agregando un elemento solvente. El conjunto se denomina vehículo, que se subdivide de acuerdo con lo expuesto, en vehículo sólido o no volátil, también llamado resina, y el vehículo volátil, también llamado solvente. El vehículo se transforma en sólido por varios mecanismos, la primera posibilidad es la evaporación del solvente, quedando como residuo el vehículo sólido seco. (García, 2003)

En términos generales podemos decir que un recubrimiento está compuesto por: Los pigmentos, el aglomerante, las cargas, los agentes endurecedores, disolventes, y aditivos. (Gil, 2001)

Pigmentos. Son la base del color de las pinturas; son sustancias que pueden ser de origen natural, los cuales proporcionan diversos compuestos: minerales de hierro, cobalto, cromo, titanio, cobre, etc... o también pueden ser artificiales las cuales se obtienen mediante tratamiento químico. (Gil, 2001)

Agglomerante. Es la parte que solidifica sobre la superficie que se pinta, su misión es envolver cada una de las partículas del pigmento. Están constituidos por diversas sustancias naturales o

químicas y tienen el inconveniente de secar con mucha lentitud. Pueden ser clasificados en cinco grupos diferentes, según el tipo de pintura que generan: (Gil, 2001)

- Nitrocelulósicas (pinturas al duco)
- Sintéticas, gliceroftálicas y alquídicas.
- Acrílicas.
- Poliésteres
- Epoxy (pinturas marinas).

Cargas. Consiste en unos polvos que se incorporan en el aglomerante para conseguir una pintura más opaca para mantener una tonalidad más uniforme a pesar del espesor de la capa dada. Estos polvos pueden ser de origen mineral a partir del yeso y del talco. También se les añade diversas sustancias extendedoras, antisiliconas y absorbedoras de rayos ultra violeta. (Gil, 2001)

Agentes endurecedores. Desde el punto visto económico es conveniente que las pinturas se puedan secar de una forma rápida. Pero además que la pintura mojada o húmeda es muy delicada, el secado lento tiene grandes problemas para el proceso. El secado de una pintura es su capacidad de pasar del estado líquido en que se aplica al estado sólido, para ello existe cuatro tipos de secado. (Gil, 2001)

- Secado al aire.
- Secado por oxidación.
- Secado al horno.
- Secado por polimeración.

Disolventes. Son unos productos químicos que se añaden a la pintura para mantener en ella un grado de fluidez suficiente; en realidad el disolvente es un componente original de la pintura, que es añadido por el propio fabricante para obtener el estado de fluidez necesario y así la pintura se mantenga en un grado de viscosidad determinado. Existen diferentes tipos de disolventes como son ligeros, medios y fuertes. (Gil, 2001)

Aditivos. Con estos se pretende modificar ciertas características propias de la pintura de origen, es decir, se puede obtener un mayor grado de flexibilidad cuando se le incorpora aditivos plastificantes o elastificantes. (Gil, 2001)

2.2.6.2. Propiedades de las películas de recubrimiento.

Se distinguen dos grupos de propiedades que caracterizan a una pintura:

1. Aspecto decorativo.

- Color.

- Brillo.
- Uniformidad de acabado.
- Textura.

2. Aspecto protector.

- Dureza.
- Flexibilidad.
- Adherencia.
- Coherencia. (Garcia, 2003)

2.2.7. Tipos de recubrimientos.

2.2.7.1. Recubrimientos metálicos.

Se aplican como laminillas delgadas para separar el ambiente corrosivo del metal, de manera que pueda servir como ánodos de sacrificio, que se corroan en vez del metal. La aplicación de estos se da por inmersión o por vía electrolítica. Consta de 3 capas que son: (Garcia, 2003)

- Un rocío interno de cobre para la adhesión del recubrimiento al acero.
- Una capa intermedia de níquel para una buena resistencia a la corrosión.
- Una delgada capa de cromo para el aspecto.

2.2.7.2. Recubrimientos inorgánicos. (Cerámicos y vidrios)

Es preferible que el acero sea recubierto por un cerámico para obtener un acabado durable y liso. Lo general es con una cubierta de porcelana compuesta por una delgada capa de vidrio fundido en la superficie del metal de manera que este recubrimiento quede bien adherido. Sobre los metales, los recubrimientos de tipo cerámicos más utilizados son el vitrificado, el esmaltado y el enlozado. Estos recubrimientos se aplican sobre el metal precalentado y deben luego fundirse en un horno a alta temperatura. (Garcia, 2003)

2.2.7.3. Recubrimientos sintéticos.

Con el progreso de la química se han desarrollado una variedad de productos químicos que tienen su aplicación en la protección de elementos, ya sea solos o también con elementos reforzantes, tales como fibra de vidrio o tramas sintéticas como por ejemplo el Nylon. Dentro de los materiales más conocidos tenemos: forros de PVC (Cloruro de polivinilo), Poliéster, Polietileno, Teflón, Siliconas o forros con gomas y Elastómeros como Caucho, Ebonita, Neopreno, Poliuretano, etc. (Garcia, 2003)

2.2.8. Propiedades físicas de los recubrimientos.

La selección de un determinado recubrimiento metálico se puede efectuar y justificar sobre las siguientes propiedades físicas: (Garcia, 2003)

- Impermeabilidad. El recubrimiento sea continuo y de espesor suficiente, lo cual permitirá aislar la superficie del acero de los agentes agresivos.
- Resistencia mecánica. Garantiza una buena resistencia a los choques, rozamientos ligeros o accidentales, etc.
- Buena adherencia al acero.
- Posibilidad de facilitar superficies pulidas. Capaz de conferir a los objetos un acabado con fines decorativos. (Garcia, 2003)

2.2.9. Criterios de recubrimientos.

2.2.9.1. Por su posición en el sistema.

Capa primaria. Es la primera capa aplicada al sustrato y debe tener las siguientes características: (Garcia, 2003)

Adherencia. El producto se adhiere mediante valencias primarias o enlaces químicos, así como también, pueden originar enlaces de valencia secundaria o polar. Y finalmente, adherencia mecánica en relación al perfil de rugosidad del sustrato. (Garcia, 2003)

Protección anticorrosiva. Las capas primarias deben tener pigmentos que le otorguen propiedades anticorrosivas a la pintura, mediante el mecanismo de protección catódico o el mecanismo de protección anódico. (Garcia, 2003)

Intermedio. El mecanismo principal de protección es el efecto capa barrera, que es dado por el espesor de la pintura y el tipo de polímero utilizado. Normalmente pueden ser los Acrílicos, Epóxicos, Epoxy Novolacas. (Garcia, 2003)

Acabados. Muchas veces a la capa intermedia se le puede utilizar como capa de acabado. Pero las principales características son:

Efecto capa barrera. Ofrecer una alta impermeabilidad.

Resistencia al medio. Ofrecer la resistencia al medio que se va a estar en contacto ya sea a la atmósfera para los tanques exteriores así como el tipo de fluido que contendrá el tanque. (Garcia, 2003)

2.2.9.2. Por el tipo de Resina.

La clasificación más importante está dada por el tipo de polímero que se usa para proteger el tanque y entre los más importantes tenemos: (Garcia, 2003)

Acrílicos. Son resinas que tienen un mecanismo de curado por evaporación formando una película estable y semi-rígida. Actualmente reemplazan con mayor eficiencia a los sistemas alquídicos. (Garcia, 2003)

Epóxicos. Son las resinas de mayor uso para la protección de tanques de almacenamiento, interior y exterior respectivamente. (Garcia, 2003)

Poliuretanos. Es el producto resultante de la reacción de un diisocianato, normalmente alifático con un polyol difuncional, produciendo un producto de buena resistencia física y química y con una alta estabilidad al brillo y color. Normalmente usado como capa de acabado en exterior de tanques de almacenamiento sobre una capa intermedia Epóxica. (Garcia, 2003)

Polisiloxanos. La aplicación de éste tipo es relativamente nueva en el campo de los recubrimientos protectores. La química de estos productos está basado en el silicio (inorgánico), que a diferencia de los productos Epóxicos y PUR que están basados en el carbono, esta propiedad hace que los PSX tengan una alta impermeabilidad, por lo tanto una mayor protección anticorrosiva similar a los epóxicos; y una excelente estabilidad al brillo y color. (Garcia, 2003)

2.3. Sistema de pintado.

Un sistema de pintado está constituido por diversas capas de recubrimiento la cual se forma en su conjunto una capa protectora de alta resistencia. Un sistema está constituido por lo siguiente: (Garcia, 2003)

Primario o capa de fondo. Es una capa de pintura de gran adherencia a la base, normalmente contiene elementos pasivantes del metal en virtud de los pigmentos que contiene. (Garcia, 2003)

Capas intermedias (llamadas también Body o Barrier). Son capas donde se emplean pinturas de altos sólidos, cuyo objeto principal es llegar a los espesores finales especificados con un mínimo número de manos. (Garcia, 2003)

Capas de sello o acabado. Son las capas que sellan definitivamente el sistema, otorgando el color final y las cualidades estéticas que se desea. Obviamente las pinturas seleccionadas para el sistema deben ser compatibles entre sí. (Garcia, 2003)

2.3.1. Sistema epoxi.

La resina epoxi es la resina más idónea que se pueda utilizar en cualquier sistema de pintura de alto rendimiento, ya que posee la gran capacidad de transformarse, a partir de un estado líquido, y de forma fácil, en un recubrimiento sólido, resistente y duro. Las resinas epoxi, al ser tan versátiles, se utilizan para múltiples aplicaciones: como recubrimientos protectores, recubrimientos para ambientes marinos, revestimientos para suelos, adhesivos, colas, como

compuestos de moldeo, como materiales aislantes, plásticos reforzados y productos textiles. (Hempel, 2014)

Las dos principales resinas epoxi que se utilizan en recubrimientos protectores para ambientes marinos e industriales, se basan en una resina epoxi líquido de bajo peso molecular o en una resina epoxi sólido. (Hempel, 2014)

Los recubrimientos epoxi son más resistentes a la abrasión que las pinturas de otras tecnologías (como los acrílicos, el cloro caucho, los alquídicos, etc.). Los aditivos como el material calcinado pero extremadamente duro o la fibra de vidrio, entre otros, suelen utilizarse en epoxis con unas propiedades de resistencia a la abrasión especialmente elevadas. Los pigmentos como el aluminio, si bien no aumentan las propiedades de resistencia a la abrasión del recubrimiento, pueden influir en su adherencia a una superficie bien preparada. (Hempel, 2014)

Como protección de elevada resistencia sobre superficies expuestas a fuerte abrasión como rampas, bodegas y fondos de tanques. (Hempel, 2014)

Como autoimprimación o capa intermedia en áreas expuestas a la abrasión y/o en ambientes altamente corrosivos. Por ejemplo, zonas de batiente de oleaje, pilotes y cubiertas de trabajo, o también, para interiores de tanques de almacenaje de crudo y fuel-oíl. (Hempel, 2014)

Para interiores de tanques y depósitos que deban contener agua caliente, salmuera, petróleo, etc. Como recubrimiento para tanques de agua potable, o como imprimación en sistemas específicos de pintado. (Hempel, 2014)

2.3.2. Tipos de recubrimientos epoxi.

Epoxi puro. El epoxi puro se aplica para proteger todo tipo de estructuras de acero, para protegerlas de la corrosión; estructuras como buques, plataformas offshore, complejos e infraestructuras industriales, etc. En las nuevas construcciones y en las grandes reparaciones, se utiliza como imprimación universal de alto rendimiento y, también, cuando se requiere una resistencia excepcional a la abrasión. (Hempel, 2014)

Posibles usos (según productos):

Como protección de elevada resistencia sobre superficies expuestas a fuerte abrasión como rampas, bodegas y fondos de tanques.

Como recubrimiento para interior de tanques y depósitos.

Para interiores de tanques y depósitos.

Para interiores de tanques y depósitos que deban contener agua caliente, salmuera, petróleo, etc. Como recubrimiento para tanques de agua potable, o como imprimación en sistemas específicos de pintado.

Epoxi modificado. Resulta idóneo para la protección de acero estructural y el exterior de tanques, tuberías, instalaciones de petróleo y gas, refinerías, plantas químicas, etc. En las embarcaciones se suelen utilizar durante la etapa de nueva construcción a modo de sistema de imprimación universal. En lo referente al mantenimiento, los epoxis modificados se utilizan en tanques de lastre, bodegas de carga, cubiertas, casco, tanto en zonas sumergidas como no sumergidas, etc. Los epoxis modificados han demostrado ser superiores a muchos productos a base de epoxis puros en cuanto a versatilidad, flexibilidad y solidez interna. (Hempel, 2014)

Posibles usos (según productos):

Como capa de imprimación, intermedia o de acabado para sistemas epoxi en ambientes fuertemente corrosivos, o, como selladora sobre superficies metalizadas o imprimaciones de zinc silicato en sistemas epoxi. (Hempel, 2014)

Como imprimación universal y capa intermedia en sistemas de elevadas prestaciones en condiciones de exposición atmosféricas o en inmersión en agua. En temperaturas frías o templadas y cuando se requiere un secaje rápido para una inmediata manipulación. También en ambientes cálidos. (Hempel, 2014)

Epoxi fenólico. El epoxi fenólico, también llamado “novolaca”, es probablemente uno de los epoxi “más puros” actualmente disponibles en el mercado. Este producto presenta un resultado mejor que el resto de los epoxis frente a una gran variedad de productos químicos y además a temperaturas superiores. (Hempel, 2014)

Posibles usos (según productos):

Para interiores de tanques y depósitos de acero.

Para interiores de tanques y depósitos que deban contener agua caliente, salmuera, petróleo, etc.

Epoxi rico en zinc. Se utilizan actualmente como primera capa de imprimación en entornos muy corrosivos no sumergidos en el agua. En la mayoría de los casos se repintan con epoxis modificados o puros para cumplir los requisitos de protección especificada para cada proyecto u obra. (Hempel, 2014)

Brea epoxi. El epoxi con brea es una solución altamente probada en la tecnología epoxy. Este tipo resulta idóneo como recubrimiento de barrera protector. Crea una superficie tenaz y con buena resistencia química, y aporta una protección excelente del acero frente a los efectos perjudiciales del agua, el aceite de petróleo y los combustibles. (Hempel, 2014)

Posible uso (según productos):

Protección prolongada del acero y otros materiales estructurales en ambientes muy corrosivos.
Resistente a gas-oíl, fuel-oíl y petróleo bruto. (Hempel, 2014)

2.4. Ensayos no destructivos.

2.4.1. Prueba de Condiciones ambientales.

Los ensayos climáticos tienen como objetivo reproducir en un laboratorio las condiciones climáticas a las que puede verse sometido un producto o parte de un producto dentro de un laboratorio, por medio de los equipos adecuados. (Alava, 2017)

Se entienden como ensayos climáticos los referidos a causas naturales como temperatura, humedad, corrosión por nublado, incluyendo combinaciones de factores agresivos tales como temperatura y vibración o cambios bruscos de parámetros ambientales como en el caso de los equipos de choque térmico. (Alava, 2017)

2.4.2. Prueba de Adherencia.

Los recubrimientos deben adherirse satisfactoriamente al sustrato donde son aplicados. En la práctica se emplean el procedimiento de ensayo de corte enrejado para la determinación de la resistencia de las pinturas y recubrimientos al ser separados de los sustratos: (Byk, 2014)

Ensayo de corte enrejado.

Este método especifica el procedimiento para determinar la resistencia a la adherencia de las pinturas y recubrimientos al ser separados del sustrato, realizando cortes en ángulo recto sobre el recubrimiento y penetrando hasta el sustrato. Este método se usa para un rápido ensayo de pasa / falla. Cuando se aplica un sistema multicapa, se ha de determinar la resistencia a la adhesión de cada capa del recubrimiento individualmente y entre capa y capa. (Byk, 2014)

2.4.3. Prueba de discontinuidad.

Este tipo de prueba se realiza por medio de un equipo denominado “de chispa” o “holiday”. Esta prueba puede ser requerida después de la aplicación de una de las capas o al final de la última capa. Usualmente cuando se especifica esta prueba, se realiza la misma antes del tiempo de curado de la pintura termine de forma que cualquier reparación del material aplicado con una adición exitosa. (A, y otros, 2009)

Un método adecuado, tanto para espacios continuos como discontinuos, consiste en generar una descarga eléctrica mediante la aplicación de una elevada tensión entre el sustrato metálico y un plumero de alambres el cual es pasado sobre el mismo. (A, y otros, 2009)

2.5. Instrumentos de medición.

2.5.1. Medidor de perfil de anclaje.

Cinta replica: La cinta réplica consiste de una capa de espuma compresible colocada en un sustrato de poliéster incompresible. Cuando se presiona contra una superficie rugosa (como el acero), la espuma se colapsa, adquiriendo una impresión de la superficie. (Mess, 2017)

La impresión se puede estudiar de varias maneras:

Se puede aplicar un calibre de grosor micrométrico simple a la réplica para la medición en campo de la rugosidad media máxima de pico a valle, o “perfil”, de una superficie replicada. Al colocar la cinta comprimida en el medidor de espesor micro-métrico y restar la contribución del sustrato incompresible (50 micrómetros o 0.002 pulgadas), tenemos una medida del perfil de superficie. (Mess, 2017)

Un medidor de espesor digital tal como el PosiTector RTR también puede medir el perfil de campo y puentear el espacio entre los grados de cinta incorporando la linealización automática. (Mess, 2017)



Figura 2-5. Cinta replica.

Fuente. (Mess, 2017)

2.5.2. Medidor de condiciones ambientales.

Psicrómetro: Es un instrumento para la medida de la humedad relativa del aire en la tensión de vapor y el punto de rocío. Consiste en un termómetro seco y otro mojado, cuando se evapora el agua del depósito mojado, el termómetro se enfría. (Juarez, 2008)

Consiste en un juego de 2 termómetros iguales, uno de ellos llamado termómetro seco y el otro termómetro húmedo ya que tiene su bulbo recubierto por una muselina húmeda mediante una mecha que lo pone en comunicación con el depósito de agua destilada. El agua empapa la muselina y se evapora. Para evaporarse necesita calor, calor que toma del bulbo del termómetro. El agua evaporada es reemplazada por la que llega a través de la mecha. (Juarez, 2008)

Este transporte de agua se ajusta a la velocidad de evaporación. Al termómetro le llega la misma cantidad de agua que se evapora. La velocidad de evaporación depende de la humedad del aire. Si el aire está seco habrá mayor evaporación y si el aire está saturado no podrá admitir más cantidad de vapor y por lo tanto no habrá evaporación. (Juarez, 2008)



Figura 2-6. Psicrómetro

Fuente. (Juarez, 2008)

2.5.3. Medidor de película húmeda.

Peine. Estos medidores de espesor para pintura húmeda, con forma hexagonal de acero inoxidable, son duraderos y reutilizables, que se suministran en una amplia gama de espesores de medición hasta 2000 μ m. (Tecnometrica, 2016)

El medidor peine, tiene la forma de una regla hexagonal con dos patas en cada una de sus seis aristas y muescas de diferentes profundidades. (Lumaquin, 2013)

Procedimiento:

Estime el espesor de la capa y apriete la arista del peine medidor de la escala correspondiente, en ángulo recto, en la película de pintura

Retire el peine de forma vertical

El medidor de espesor en húmedo tomará lectura del espesor en húmedo en el primer diente mojado y en el primer diente seco

El peine medidor se utiliza hasta 60°C (140 °F) (Lumaquin, 2013)



Figura 2-7. Medidor de espesor por rueda.

Fuente. (Tecnometrica, 2016)

2.5.4. *Medidores de película seca.*

Medición por ultrasonidos. En algunos medidores ultrasónicos, la velocidad ultrasónica es seleccionable entre 1000 y 9999 m/s para diferentes materiales como acero, vidrio y plásticos homogéneos. Cada aparato dispone de una memoria para 10 valores de medición. El principio de medición del espesímetro es inductivo magnético o por corriente de Foucault. Este ultrasónico de mano es ideal para el control de calidad en el anodizado, cincado, galvanizado, el control de material en la producción, control de entrada y salida así como para la medición de la capa de pintura / laca por ejemplo en el sector del automóvil. (Juarez, 2008)



Figura 2-8. Medidor de espesor por ultrasonidos.

Fuente. http://tpmequipos.com/294234_medidor-de-espesores.html

Medición por inducción magnética. Es un medidor de espesores que emplea el magnetismo para realizar mediciones fiables y reproducibles de materiales no ferrosos. Las mediciones se efectúan cuando la sonda magnética entra en contacto con la superficie de la pieza bajo ensayo. Al lado opuesto de dicha pieza, se coloca una pequeña esfera de acero/magnética (un disco o un hilo metálico). El sensor integrado a efecto Hall medirá la distancia entre la punta de la sonda y la esfera de acero. Las medidas son visualizadas instantáneamente en la pantalla a colores como una lectura de espesor digital inteligible. (Juarez, 2008)



Figura 2-9. Medidor de espesor de capas por inducción magnética.

Fuente. http://tpmequipos.com/294234_medidor-de-espores.html

2.5.5. *Medidor de adherencia.*

Kit de medición de adherencia mediante cinta adhesiva: Este es un kit para la medición de adherencia sobre superficies metálicas. Método practico, simple y muy efectivo para evaluar la adherencia en una pintura. (Twilight, 2015)

Procedimiento: Usando el rayador tipo navaja se hacen dos cortes rectos, primero uno horizontal y seguido de un segundo corte perpendicular al primero. Enseguida se toma una cinta esta se adhiere sobre el área rayada y se quita lo cual provoca un desprendimiento en la pintura. El área afectada se limpia con un cepillo y se examina con una lupa para así clasificar el nivel de adherencia según el porcentaje de desprendimiento. (Twilight, 2015)

El Kit de adherencia incluye los siguientes componentes:

- Navaja
- Mango
- Lente magnificador
- Cepillo
- Cinta para prueba de adherencia
- Una llave Allen para remplazar la navaja. (Twilight, 2015)



Figura 2-10. Kit de medición de adherencia mediante cinta adhesiva.

Fuente. (Twilight, 2015)

2.5.6. *Medidor de discontinuidad*

Detector Holiday de Esponja Húmeda. Los detectores holiday de esponja húmeda se utilizan para la detección de discontinuidades (holidays) en recubrimientos de filme delgado/fino (0-20 mils) de pintura, epóxica o cualquier material no-conductivo aplicado a material conductivo. Este tipo de detector utiliza 67-1/2 voltios CD para probar voltaje, el cual es aplicado a la superficie a probar vía esponja mojada. El flujo (usualmente agua) en la esponja húmeda llena los vacíos en la superficie a probar y permite corriente baja de (micro-amps) fluir dentro de cualquier defecto en el área probada. La corriente se mueve a través del holiday (defecto) dentro del sustrato conductivo el cual activa una bocina, luz o salida indicando la presencia de un holiday (defecto). (Spy, 2013)



Figura 2-11. Detector Holiday de Esponja Húmeda

Fuente. (Spy, 2013)

2.6. **Autotankue**

El autotankue es un deposito normalmente de sección cilíndrica o más o menos elipsoidal, de eje horizontal, con casquetes o fondos abombados en sus extremos y provisto de valvulería, conducciones y dispositivos de carga y descarga. Una de las muchas variedades de camión que sirve tanto para el transporte de líquidos. La mercancía se transporta en estado líquido ya que los fluidos tienen un menor volumen en estado líquido que gaseoso, pudiendo transportar mayor cantidad de este, pero a mayor presión. (Perez, 2014)

El depósito se construye a partir de virolas cilíndricas y dos fondos (cascos) semiesféricos, los cascos y la virola están unidos mediante soldaduras.

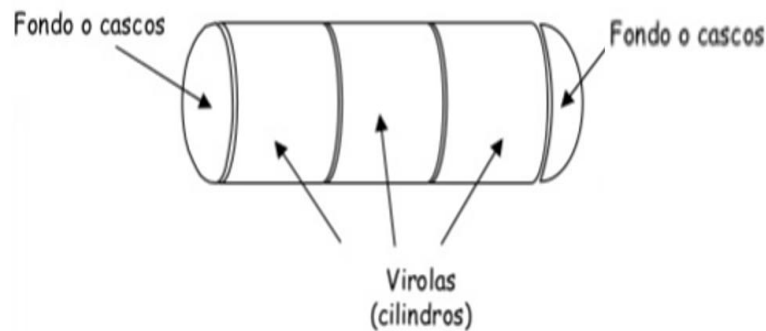


Figura 2-12. Partes de un autotankue.

Fuente: <http://es.slideshare.net/b22tf1/presentacion-autotankues>

El coeficiente de llenado en fase líquida es aproximadamente del 85%, no están compartimentados y en la parte superior suelen llevar un parasol que es una plancha curvada puesta longitudinalmente a unos 4 cm encima del depósito, evitando la radiación solar caliente el producto evitando la subida de presión interior. (Perez, 2014)

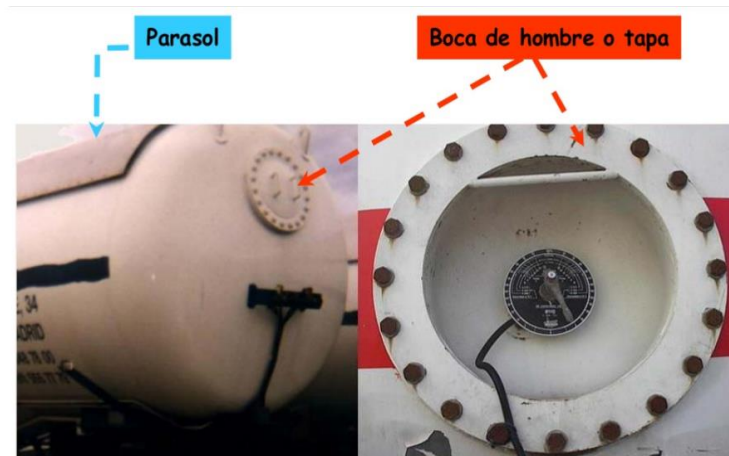


Figura 2-13. Parasol y boca de hombre.

Fuente: <http://es.slideshare.net/b22tf1/presentacion-autotankues>

2.6.1. Tipos de acero recomendado para la construcción del autotankue

El código ASME indica la forma de suministro de los materiales más utilizados, lo cual va implícita en su especificación. Debido a la existencia de diferentes materiales disponibles en el mercado, en ocasiones no resulta sencilla la tarea de seleccionar el material ya que deben considerarse varios aspectos como costos, disponibilidad de material, requerimientos de procesos y operación, facilidad de formato, etc. Los materiales que pueden aplicarse a los recipientes tenemos los siguientes: (Romero, y otros, 2010)

- **Aceros al carbón.** Es el más disponible y económico de los aceros, recomendables para la mayoría de los recipientes donde no existen altas presiones ni temperaturas. (Romero, y otros, 2010)

- **Aceros de baja aleación.** Estos aceros contienen bajos porcentajes de elementos de aleación como níquel, cromo, etc. Y en general están fabricados para cumplir condiciones de uso específico. Son un poco más costosos que los aceros al carbón. Por otra parte no se considera que sean resistentes a la corrosión, pero tienen mejor comportamiento en resistencia mecánica para rangos más altos de temperaturas respecto a los aceros al carbón. (Romero, y otros, 2010)

En la siguiente tabla se puede observar los aceros recomendados para los rangos de temperatura más usuales.

Tabla 2-2. Rangos de temperaturas de trabajo de los aceros.

Temperatura en °C	Temperatura en °F	Material para cascarón	Cabezas y plantillas de refuerzos
-67 a -46.1	-90 a -51	SA-203 B	SA-203 A
-45.6 a -40.5	-50 a -41	SA-516-65	SA-203 B
-40 a 15.6	-40 a +60	SA-516-70	SA-516-70
15.6 a 343	+60 a 650	SA-285-C	SA-515-70
344 a 412.8	-651 a +775	SA-515-70	

Fuente. (Romero, y otros, 2010)

- **Aceros de alta aleación.** Comúnmente llamados aceros inoxidables. Su costo en general es mayor que para los dos anteriores. El contenido de elementos de aleación es mayor, lo que ocasiona que tengan alta resistencia a la corrosión. (Romero, y otros, 2010)
- **Materiales no ferrosos.** El propósito de utilizar este tipo de materiales es con el fin de manejar sustancias con alto poder corrosivo para facilitar la limpieza en recipientes que procesan alimentos y proveen tenacidad en la entalla en servicios a baja temperatura. (Romero, y otros, 2010)

2.7. GLP

Se obtiene de un proceso de refinación del petróleo. Puede ser propano o butano, o una mezcla de ambos. Por sí solo no tiene olor, es mezclado con Etil Mercaptano, que le aporta el olor. 1 libra por 10,000 galones de propano. (Perez, 2014)

A presión atmosférica y temperatura ambiente (1 atmósfera y 20 °C), se encuentra en estado Gaseoso. Para obtener líquido a presión atmosférica, la temperatura del Butano debe ser menor de -0.5 °C y la del Propano a menor de -42.2 °C. (Perez, 2014)

2.7.1. Efectos de la temperatura.

Al aumentar la temperatura del GLP dentro de un tanque cerrado, aumenta la presión. Al aumentar la presión de vapor y además se expande el líquido, por lo que debemos dejar libre del recipiente un 15% aproximadamente, del volumen total calculado para almacenar líquidos. (Perez, 2014)

2.8. Control de calidad

El control de calidad fue y sigue siendo lo que mucha gente considera como gestión de la calidad. El departamento de control de la calidad de la empresa se encarga de la verificación de los productos, mediante muestreo o inspección al 100 %. Mediante este sistema se procura que no lleguen productos defectuosos a los clientes, pero en modo alguno se evita la aparición de esos errores. (Herrera, 2005)

El objetivo principal de control de calidad es asegurar que el producto cumpla o exceda las expectativas del cliente. QA/QC distinguen errores en la Ingeniería en todas las etapas de un EPCM. (Ingeniero, Adquisición, Construcción, Gestión), el objetivo de esto, es corregir posibles errores, interferencias o falta de especificaciones técnicas. (Metaforico, 2010)

Calidad Total.

La calidad total busca un nivel elevado de calidad en cuatro aspectos:

- Calidad del producto
- Calidad del servicio
- Calidad de gestión
- Calidad de vida. (Herrera, 2005)

La Calidad Total supone un cambio de cultura en la empresa, ya que la gente se debe concienciar de que la calidad atañe a todos y que la calidad es responsabilidad de todos. La dirección es responsable de liderar este cambio, mediante la implantación de un sistema de mejora continua permanente, y mediante la instauración de un sistema participativo de gestión. (Herrera, 2005)

2.9. Control y aseguramiento de la calidad (QA Y QC)

La garantía de la calidad y control de la calidad son componentes esenciales de toda sociedad que diseña y produce, en las aplicaciones de la ingeniería básica y de detalle. Aseguramiento de la Calidad (QA) o Control de la Calidad (QC), son los recursos que mantienen el nivel de calidad de una empresa de ingeniería y sus productos finales. (Metaforico, 2010)

Estos sistemas se han desarrollado en colaboración con otros negocios y de ingeniería utilizando lo que se denomina un enfoque multifuncional. QA/QC también garantizan la funcionalidad total

y cumplimiento de los requisitos que van de posibles demandas de los usuarios del mismo. (Metaforico, 2010)

Aseguramiento de la calidad cubre todas estas actividades, diseño, desarrollo, producción, instalación, mantenimiento y documentación. El lema es: “adecuados a los objetivos” y “hacer las cosas bien la primera vez”. Uno de los paradigmas más utilizados para la gestión de control de calidad es el Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA). (Metaforico, 2010)

2.10. Índice de capacidad de procesos.

Consiste en conocer la amplitud de la variación natural del proceso para una característica de calidad dada, ya que esto permitirá saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple especificaciones). (Gutierrez, y otros, 2009)

Los índices de capacidad son relaciones de la dispersión del proceso y la dispersión de especificación. Representan valores sin unidades, de manera que pueden utilizarlos para comparar la capacidad de procesos diferentes. Algunos índices de capacidad consideran la media del proceso o el objetivo. (Minitab, 2016)

El C_p es el valor resultando de la diferencia entre el Límite de Especificación Inferior (LEI), y el Límite de Especificación Superior (LEP), dividido por un 1 Sigma de las desviaciones. El proceso se considera como dentro de las especificaciones si el índice $C_p \geq 1,33$. (Control, 2011)

2.10.1. C_{pk} .

Es un indicador de la capacidad real de un proceso que se puede ver como un ajuste del índice C_p para tomar en cuenta el centrado del proceso. Se utiliza para comprobar la calidad de un proceso, admitiendo algunos límites en las especificaciones, y siempre conjuntamente con el C_p . El C_{pk} no incluye un valor objetivo, lo que hace el C_{pk} es comprobar que la distribución está centrada en relación con los límites de las especificaciones. (Control, 2011)

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DEL MANUAL DEL PROCEDIMIENTO.

Para el desarrollo del procedimiento de control de calidad del proceso de preparación y recubrimiento superficial se lo realizará específicamente a autotanques de 8000 gl de capacidad de cabeza semiesférica.

3.1. Metodología de la observación.

En nuestro estudio se captura sistemáticamente la información sobre acciones y reacciones conductuales mediante el uso de instrumentales específicos u opiniones profesionales.

Los tipos de observación presentes en nuestro trabajo son los siguientes:

- **Observación asistemática.** Esta observación también llamada no estructurada radica en una investigación directa, sin ningún objetivo explícito y sin estar perfectamente definida. Son datos recogidos de una manera aleatoria.
- **Observación sistemática.** También llamada observación estructurada, se realiza bajo normas específicas sobre un tema debidamente definido y con un objetivo concreto.

3.2. Metodología documental bibliográfica.

En el presente estudio se utilizará la metodología documental bibliográfica, ya que utilizaremos documentos, normas, especificaciones técnicas, fichas técnicas el cual nos ayudará analizar, entender y establecer el proceso apropiado para la preparación superficial y aplicación de recubrimiento.

3.3. Metodología experimental.

Es un proceso sistemático y una aproximación científica a la investigación en la cual se manipula una o más variables, controla y mide cualquier cambio en otras variables.

Esta metodología también es parte de nuestro estudio, ya que se realizaran distintos ensayos, a los cuales se les evaluará para determinar si el proceso que se realizó, nos brinda resultados satisfactorios

3.4. Variables del procedimiento de control de calidad.

Las variables encontradas para el desarrollo del procedimiento de control de calidad del proceso de pintura para el autotanque de 8000 gl para gas licuado de petróleo (GLP) son las siguientes:

3.4.1. Variables independientes.

Las variables independientes son aquellas características o propiedades que se suponen son la causa del fenómeno estudiado. Las variables independientes encontradas en nuestro estudio son:

3.4.1.1. Calidad del proceso de preparación superficial.

El control de calidad en el proceso de preparación superficial es uno de los aspectos más importantes al momento de ejecutar la limpieza superficial, se debe tener una plena seguridad de los instrumentos a emplearse en dicha preparación para que cumplan con todas las especificaciones establecidas.

Tabla 3-1. Equivalencias entre las normas NACE y las SSPC.

NACE	SSPC
NACE 1 Metal Blanco	SP5 Chorreado Abrasivo a Metal Blanco
NACE 2 Casi Blanco	SP10 Chorreado Abrasivo a Metal Casi Blanco
NACE 4 Cepillo Explosivo	SP7 Chorreado Ligero SP3 Limpieza con Cepillo de disco SP2 Raspado y Cepillado Manuales SP1 Limpieza con disolventes.

Fuente. Autores

3.4.1.2. Calidad de los recubrimientos industriales.

El punto de partida para la evaluación de calidad del recubrimiento será en la fabricación de la misma. Las pruebas a las que se somete el producto para cumplir las normas necesarias para encontrarse dentro de una clasificación son las siguientes:

- Espesor de película húmeda
- Espesor de película seca
- Rendimiento teórico
- Porcentaje de sólidos

3.4.1.3. Calificación del personal.

El personal de calidad debe sobrepasar las calificaciones necesarias para cumplir con las especificaciones contractuales de recubrimiento; de esta manera, se asegura la calidad de los procesos en el control de la preparación de superficies, manejo y almacenamiento de recubrimiento.

Debido a la gran importancia que involucra estos tipos de trabajos, la empresa contratante solicitará una garantía o certificación del personal de trabajo la cual deberá evaluar los siguientes aspectos:

- Experiencia
- Capacidad técnica
- Conocimiento de normas

3.4.1.4. Ensayos no destructivos al sistema de pintado.

Son pruebas que se realizan al producto para garantizar que se encuentre al 100% en condiciones de operación, los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo. Las pruebas que se deben realizar en nuestro estudio son:

- Prueba de rugosidad o perfil de anclaje según la norma NACE RP0287.
- Prueba de medición de espesores de película seca según la norma SSPC PA2.
- Prueba de condiciones ambientales según la norma ISO 8502-4.
- Prueba de adherencia según la norma ASTM D3359.
- Prueba de discontinuidades según la norma NACE RP0188.

3.4.2. Variables dependientes.

Las variables dependientes son las que reflejan los resultados de un estudio de investigación cuyos valores dependen de los que tomen otra variable. Las variables dependientes encontradas en nuestro tema de investigación son:

3.4.2.1. Cumplimiento del cronograma de actividades.

El manejo del tiempo es fundamental para la buena marcha de cualquier proyecto. Los cronogramas son herramientas útiles que se ocupan de medir las distintas actividades de un proceso.

- Incumplimiento de plazos.
- Incumplimiento de garantía.
- Proyecto mal realizado.

3.4.2.2. Material excedente.

Son los sobrantes que arrojan una vez cubiertas las necesidades básicas y los procesos de manufacturas. Las consecuencias que pueden producir material excedente son las siguientes:

- Mala calibración de equipos.
- Mal cálculo en los galones de pintura.

3.4.2.3. Accidentes laborales.

Es todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzcan en el trabajador una lesión orgánica.

- Desorganización del trabajo.
- Imprudencia laboral.
- Falta de técnica profesional.
- Desgaste de equipos y herramientas.

3.4.2.4. Costos de preparación y recubrimiento superficial.

La estimación de los costos es un recurso controlado por la empresa. Dentro de estos encontramos los siguientes:

- Alquiler de equipos.
- Costos de recubrimientos industriales.
- Costos de material abrasivo.
- Mano de obra.

3.4.3. Indicadores y métodos de medición

Los indicadores pueden ser considerados como puntos de referencia, por la indicación e información que contiene datos que a su vez están conformados por números, medidas, opiniones, sucesos, entre otros. Cualquiera de ellos nos permitirá conocer información sensible que nos indicará la manera de desempeñarnos a instancias de un proceso.

Los métodos de medición están aplicados en sistemas de gestión a través de procedimientos documentados. Los métodos, para ser técnicamente admitidos, se basan y desarrollan en principios de medición o fundamentos científicos, que dan el sustento teórico y práctico de los mismos.

Tabla 3-2. Medición de variables independientes.

Variables independientes	Indicadores	Métodos de medición
Ensayos no destructivos	Ensayo de perfil de anclaje.	PR – E – DSE – FM - 001
	Ensayo de condiciones ambientales.	PR – E – DCA – FM - 001
	Ensayo de medición de espesor de película seca y adherencia.	PR – E – DEEA – FM - 001
	Ensayo de discontinuidades (Holiday)	PR – E – DD – FM - 001
Calidad de los recubrimientos industriales.	Espesor de película seca.	Espef. Téc. del material
	Rendimiento teórico	Espef. Téc. del material
	Porcentajes de sólidos	Espef. Téc. del material
Personal calificado	Conocimiento de normas	Pruebas
	Experiencia	Hoja de vida
	Capacitación	Certificados

Fuente. Autores

Tabla 3-3. Medición de variables dependientes.

Variables dependientes	Indicadores	Métodos de medición
Desperdicios de materiales	Mala calibración de equipos	Espef. Téc. del equipo
	Mal cálculo de los galones de pintura a utilizar.	Verificar el área a pintar.
Accidentes laborales	Imprudencia laboral.	Capacitaciones
	Falta de técnica profesional.	Test de habilidades
	Desgaste de equipos y herramientas.	Guías técnicas de los equipos y herramientas.
Costos de fabricación	Costos de materiales	Mercado nacional
	Mano de obra	Sueldos sectoriales 2017
	Alquiler de equipos	Mercado nacional
Satisfacción del cliente.	Incumplimiento de plazos.	Encuestas a los clientes.
	Incumplimiento de garantía.	Encuestas a los clientes.
	Proyecto mal realizado.	Encuestas a los clientes.

Fuente. Autores

3.5. **Diseño del manual de procedimientos de preparación de superficie y aplicación de recubrimientos.**

Para desarrollar esta propuesta se debe utilizar el método de aseguramiento de calidad (QC/QA), dicho método nos indica que el control se debe realizar antes, durante y después de todo el proceso desde la preparación superficial hasta la aplicación de los recubrimientos industriales.

3.5.1. *Sistema documental.*

Un sistema documental es el conjunto de normas técnicas y prácticas usadas para administrar el flujo de documentos de todo tipo en una organización, en este estudio se utiliza un sistema documental basado en el control del proceso, hojas de registro y hojas de ensayo.

3.5.2. *Estructura del manual de procedimientos.*



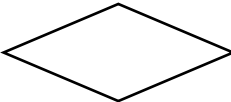



- a) **Portada.** Es la primera plana o la cubierta delantera, en la que se informa el título del libro, el nombre del autor/es, el lugar y año de la impresión, la editorial, etc... en muchos casos se acompaña de ilustraciones relacionadas con el contenido.
- b) **Índice.** Es una lista ordenada de capítulos, secciones, etc... que permite al lector saber qué contenidos presenta la obra y en qué página se encuentra cada uno. Suele presentarse al comienzo o al final del libro. Los indicadores suelen ser números de páginas.
- c) **Introducción.** Es una sección cuya intención es contextualizar la fuente o el resumen del texto que se desarrolla a continuación, en la introducción se detalla el alcance del documento, y se da una breve explicación o resumen del mismo, por lo cual el lector al leer la introducción debería poder hacerse una idea sobre el contenido del texto, antes de comenzar su lectura propiamente dicha.
- d) **Alcance del manual.** El alcance es la mixtura de los objetivos del proyecto más el trabajo necesario para alcanzar los objetivos. Con el desarrollo de este manual de procedimientos se lograra evitar problemas al momento de la limpieza y recubrimiento superficial de autotankes como desprendimiento de pintura, pérdidas económicas, etc... garantizando la calidad del producto final.
- e) **Objetivo del manual.** Este manual ha sido desarrollado para describir la metodología del sistema de control para la preparación de superficies y aplicación de recubrimientos para autotankes de gas licuado de petróleo (GLP), además ayudar al inspector a cumplir con los procedimientos de una manera idónea y eficiente.
- f) **Importancia del manual.** Es importante ya que en estos se explican de manera minuciosa los procedimientos dentro de una empresa; a través de ellos se logra cumplir con el desarrollo de una actividad en forma correcta evitando grandes errores que suelen cometerse. La

importancia de un manual de procedimientos dentro de una compañía es fundamental ya que mediante su ayuda cualquier persona puede realizar el trabajo designado.

- g) **Referencias normativas.** Son referencias de instituciones, áreas de trabajo, documentos, personas y mecanismos de información de donde se pueden obtener datos para la investigación. Las normas que se aplican en este manual son las NACE, SSPC, ISO y ASTM que están relacionadas al control de la preparación y recubrimiento superficial. Las secciones que serán empleadas son las siguientes:
- SSPC SP1 “Preparación de la superficie de especificaciones No 1. Disolventes de limpieza”
 - SSPC SP5/NACE1. “Preparación conjunta de superficie estándar. Blanco limpieza a chorro metal”
 - SSPC SP10/NACE2. “Preparación conjunta de superficie estándar. Casi blanco limpieza a chorro metal”
 - SSPC PA2 “Medición del espesor del recubrimiento seco con medidores magnéticos”
 - SSPC VIS1 “Guía y fotografía de referencia para superficies de acero”
 - ISO 8502-4 “Orientación sobre la estimación de la probabilidad de la condensación antes de aplicar la pintura”
 - ASTM D3359 “Métodos de prueba estándar para medir la adhesión mediante prueba de cinta”
 - NACE RP0188 “Discontinuity (Holiday) Testing of New Protective Coatings on Conductive Substrates” “Prueba de discontinuidad (Holiday) de nuevos revestimientos protectores sobre sustratos conductores”
 - NACE RP0287 “Field Measurement of Surface Profile of Abrasive Blast-Cleaned Steel Surfaces Using a Replica Tape” “Medición de campo del perfil de superficies de acero abrasivas limpiadas con una cinta de réplica”
- h) **Abreviaciones.** Es un procedimiento de tipo ortográfico que conjetura la reducción de una palabra a través de la eliminación de letras finales o centrales y que, por lo general, culmina con un punto.
- i) **Organigrama de la empresa.** Es un bosquejo representado gráficamente que permite analizar la estructura de la organización representada y cumple con un rol informativo, al ofrecer datos sobre las características generales de la organización en la cual se muestran las relaciones entre sus diferentes partes y la función de cada una de ellas, así como de las personas que trabajan en las mismas.

- j) **Sistemas de gestión de calidad.** Un Sistema de Gestión de Calidad es una herramienta que le permite a cualquier empresa planear, ejecutar y controlar las actividades pertinentes para el desarrollo del objetivo, a través de la prestación de servicios con altos estándares de calidad, los cuales son medidos a través de los indicadores de satisfacción de los usuarios.
- k) **Simbología.** Se utiliza para nombrar al sistema de los símbolos que identifican a los diferentes elementos de algún ámbito.

Tabla 3-4. Simbología para diagramas de flujo.

Símbolo	Nombre	Descripción
	Inicio o fin	Se emplea al inicio y fin de un proceso.
	Operación	Representa la realización de una o más actividades de un proceso.
	Decisión	Indica las opciones que se puedan seguir en caso de que sea necesario tomar caminos alternativos (situaciones disyuntivas).
	Conector	Enlaza partes distantes del flujograma.
	Documento	Representa todo elemento portador de información (normas, fichas técnicas, etc...)
	Flujo	Conecta símbolos, señalando la secuencia en que deben realizarse las tareas.

Fuente. Autores

- 1) **Procedimientos.** Constituye la parte sustancial del Manual de Procedimientos, se integra por los siguientes ítems:
1. El nombre del procedimiento debe dar una idea clara de su contenido.
 2. La descripción del procedimiento debe redactarse en forma precisa y sencilla.
- **Objetivo del Procedimiento.** Describe el propósito de un procedimiento o la razón de su implantación.
 - **Alcance.** Describe el ámbito de aplicación de un proceso, es decir, las áreas, actividades y puestos que involucra.
 - **Referencias.** Enlista la documentación de apoyo que se utiliza para la elaboración del procedimiento: Normativas, fichas técnicas, manuales, etc.
 - **Responsabilidades.** Aquí se indica quien es el responsable de las distintas actividades dentro del procedimiento; así como quien es el responsable de la revisión y aprobación del mismo.

- **Definiciones.** Son los términos de uso frecuente que se emplean con sentido específico o restringido en comparación al conjunto de definiciones del diccionario.
- **Anexos.** Son documentos de apoyo o investigación, los cuales tienen como misión principal agregar más información adicional.

3.5.3. Codificación

La codificación que utilizaremos en nuestro estudio nos servirá para diferenciar los distintos procedimientos en las diferentes pruebas para lo cual lo mencionaremos a continuación:

- DCA = Determinación de Condiciones Ambientales.
- DEEA = Determinación de Espesores Externos de película seca y prueba de Adherencia.
- PRS = Preparación y Recubrimiento Superficial
- DSE = Determinación de preparación de Superficie Externa.
- DSI = Determinación de preparación de Superficie Interna.
- DD = Detección de Discontinuidades
- PR = Procedimiento
- R = Registro
- S = Solicitud
- A = Autotanque
- E = Ensayo
- FM = Facultad de mecánica
- FT = Ficha técnica
- 001, 002, 003 = Modelo

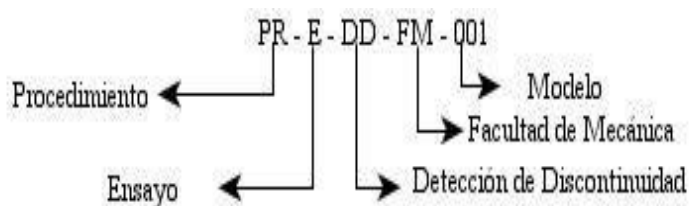


Figura 3-1. Modelo de codificación.

Fuente. Autores

3.5.4. Proceso general de la fabricación del autotanque.

La construcción de autotanques para el transporte de gas licuado de petróleo (GLP) en el Ecuador ha ido en aumento debido a que existe mucha demanda de este producto tanto a nivel industrial como doméstico. En el Ecuador existen empresas que se dedican al diseño y construcción de dichos autotanques de una manera empírica, por lo tanto se necesita verificar su construcción con el uso de normas y especificaciones técnicas para así mejorar su diseño y producción.

A continuación se detallan los procedimientos de construcción mediante un flujograma.

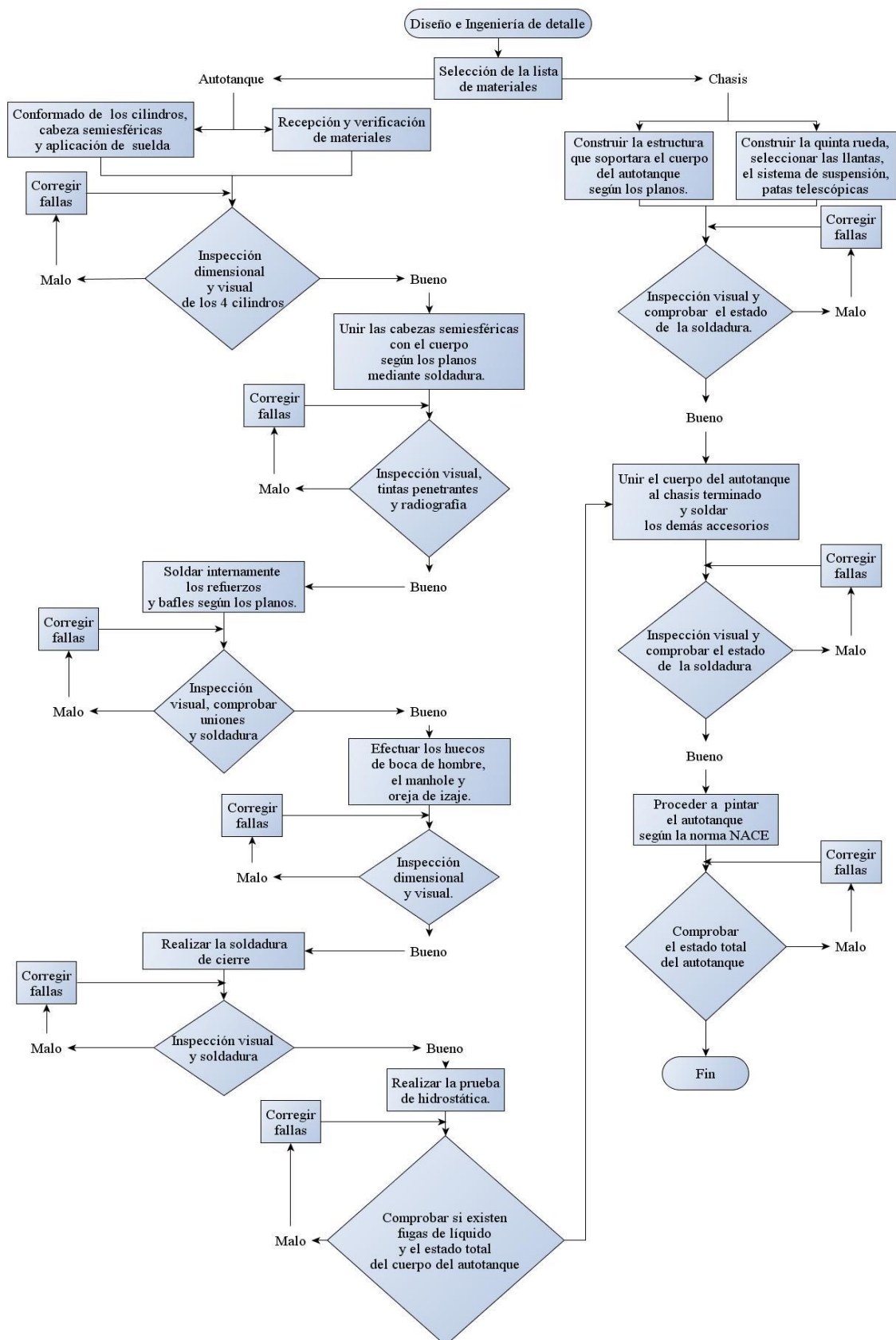


Figura 3-2. Diagrama de flujo del proceso de fabricación del autotank de 8000 gl.

Fuente. Autores.

3.5.5. *Proceso de preparación superficial.*

Para la construcción del autotank y sus partes se utilizó un acero al carbono y baja aleación, debido a que posee algunas características como costos reducidos, manufactura fácil, durabilidad, resistencia elevada.

Características del acero SA 516 70. El material seleccionado para el autotank es un acero para recipientes a presión resistentes a medias y bajas temperaturas. Los aceros en calidad A/SA 516 Gr. 70 se caracteriza por una buena soldabilidad. Se utilizan sobre todo para la fabricación de calderas, recipientes a presión y tuberías de transporte de líquidos calientes. Tiene una estructura de grano fino y se puede realizar tratamientos de normalizado cuando así se requiera.

Tabla 3-5. Características del acero SA 516 70.

Especificación	Descripción	Composición química % en peso máximo					
		% C	% Mn	% P	% S	% Si	% Cu
ASTM/ ASME SA-516-70	Recipientes para mediana y baja temperatura	0,31	1,20	0,035	0,035	0,15 - 0,40	0,02

Fuente. Autores

El acero seleccionado A516 – 70 se lo puede encontrar en el mercado a nivel nacional con el nombre comercial de Acero PVQ 516. Este acero puede ser pedido normalizado o estándar dependiendo de la empresa solicitante.

Tabla 3-6. Equivalencias del acero SA-516-70 en diferentes normas.

Equivalencias Aproximadas	
UNE (Una Norma Española)	36-087-79 / A-42-RBIL / A-52-RBIL
AFNOR (Asociación Francesa de Normalización)	A-36-205 / A 42 FP / A 52 FP
ASTM (Asociación Americana de Ensayo de Materiales)	A – 516 – 70
DIN (Instituto Alemán de Normalización)	19 Mn6

Fuente. Autores

Una correcta preparación de superficie previa a la aplicación de cualquier tipo de recubrimiento o pintura es un factor de suma importancia a considerar que repercute directamente sobre el resultado final del mismo.

3.5.5.1. Preparación de superficie externa e interna del autotanque.

Para iniciar el procedimiento de limpieza superficial del autotanque, la empresa o persona particular interesada debe llenar una ficha técnica de recepción del autotanque verificando que no existan irregularidades como agujeros, desuniones de soldadura, boca de hombres mal cerrados, escaleras en mal estado.

Una vez verificado que el autotanque no presenta imperfecciones se procede a realizar la limpieza mediante la aplicación de disolventes por pulverización sean estos solventes, emulsiones, vapor o materiales de desengrase como los hidrocarburos clorados para remover aceites, grasas, manchas y sales de la superficie interna y externa del autotanque acorde a la especificación técnica SSPC-SP1.

Después se realiza una limpieza mecánica empleando cepillos manuales o eléctricos de acuerdo a lo especificado en la norma NACE 4 para eliminar todo tipo de herrumbre, pintura vieja, etc., luego se realiza una inspección visual con la finalidad de comprobar que no existan los agentes corrosivos antemencionados siguiendo los procedimientos descritos por la norma técnica SSPC-Guía 15.



Figura 3-3. Cepillo eléctrico.

Fuente. Autores

A continuación, se realiza el granallado superficial de acuerdo a la norma técnica NACE 1/SSPC-SP5 o NACE 2/SSPC-SP10 mediante un chorro abrasivo para eliminar todo tipo de cascarilla de laminado, herrumbre, pintura vieja o materia extraña que no haya sido removida por el tratamiento anterior. El tipo de abrasivo y tamaño del mismo dependerá del grado, estado y tipo de superficie metálica a preparar, además se deberá tener en cuenta el sistema de limpieza y el perfil de anclaje deseado.

El abrasivo a emplear en el granallado puede ser granalla metálica la cual es muy utilizada para un granallado interior por la facilidad para ser reciclada o se puede granallar con un abrasivo mineral en casos de superficies exteriores por el motivo de la dificultad para reciclar el abrasivo y el cuidado ambiental; ya que al tratarse de un mineral es degradable y no contamina.



Figura 3-4. Cabina de limpieza.

Fuente. Autores

La norma que se emplee en el granallado depende totalmente del cliente y el tipo de perfil de anclaje que desee, a mayor calidad de limpieza superficial se empleara la NACE 1, en caso de nuestro autotanque se realizará el granallado en base a la norma NACE 2 la cual brinda una buena rugosidad superficial acorde a lo requerido para nuestro trabajo.

Para finalizar la limpieza superficial se procede a eliminar todo rastro de detergentes o productos de limpieza mediante el uso de vapor para finalmente limpiar con agua dulce los residuos perjudiciales aun presentes en el autotanque.

La medición del perfil de anclaje o rugosidad superficial se realizará como especifica la norma técnica NACE RP0287. En caso de no cumplir el valor del perfil de anclaje se deberá proceder a realizar nuevamente el granallado superficial.

La dimensión del perfil de anclaje viene dado por la ficha técnica del recubrimiento a utilizar el cual en nuestro estudio obedece a la marca CARBOLINE con el producto CARBOZINC 11, el cual nos recomienda tener un perfil de anclaje de 25 a 75 μm (1 a 3 mils).

Para la superficie interior del autotanque no se realizará el granallado por motivos que esta área no será sometida a un recubrimiento industrial, por lo que solo se realizarán las limpiezas de disolventes y mecánica antes descrita en esta sección. La preparación superficial del chasis del autotanque se la efectúa de igual manera que la superficie externa del autotanque, la diferencia principal es que el abrasivo a utilizar debe ser una granalla mineral por la poca posibilidad de reciclar la granalla y de esta forma evitar una posible contaminación ambiental.

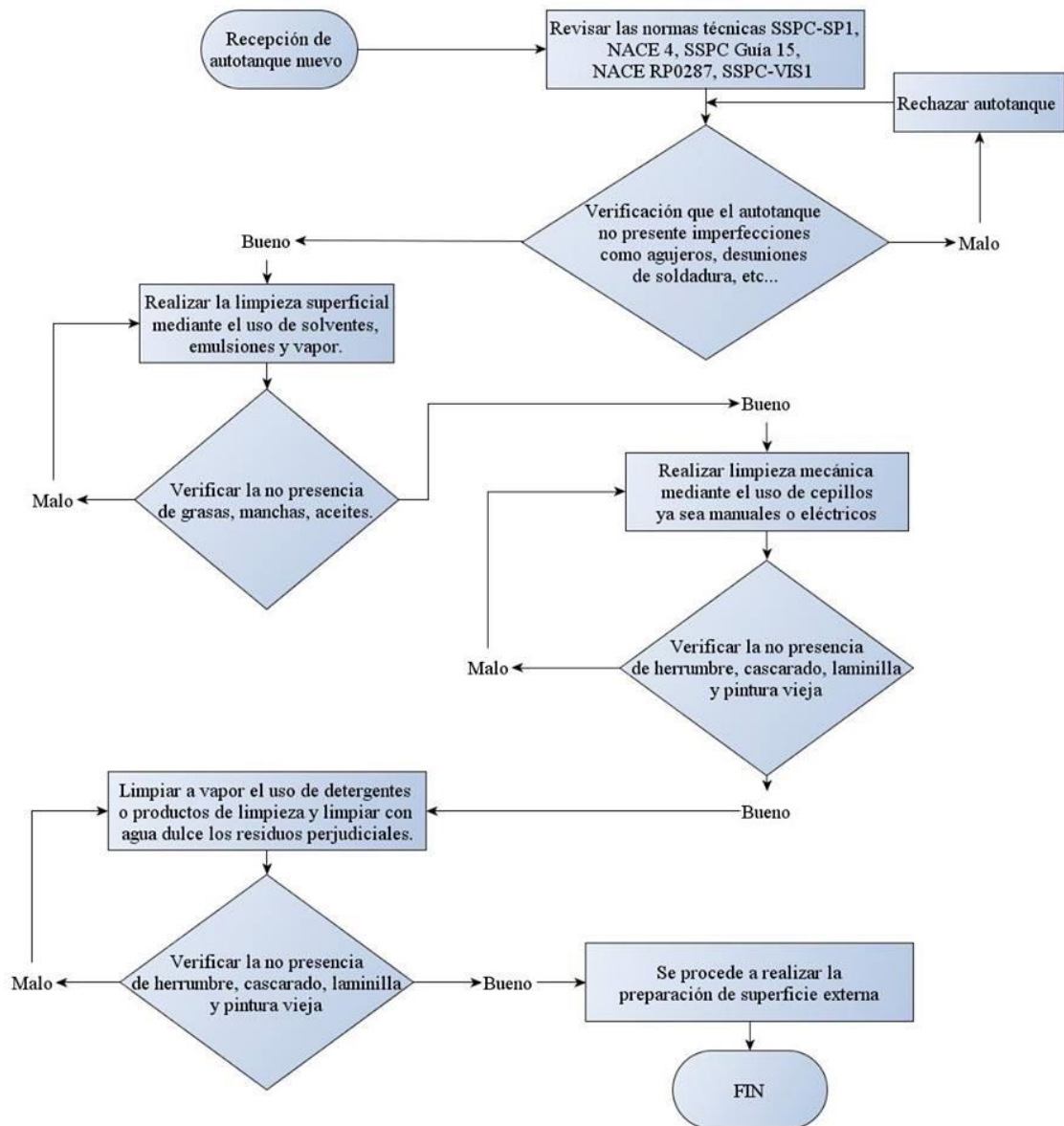


Figura 3-5. Diagrama de flujo de la preparación superficial interna del autotank.

Fuente. Autores

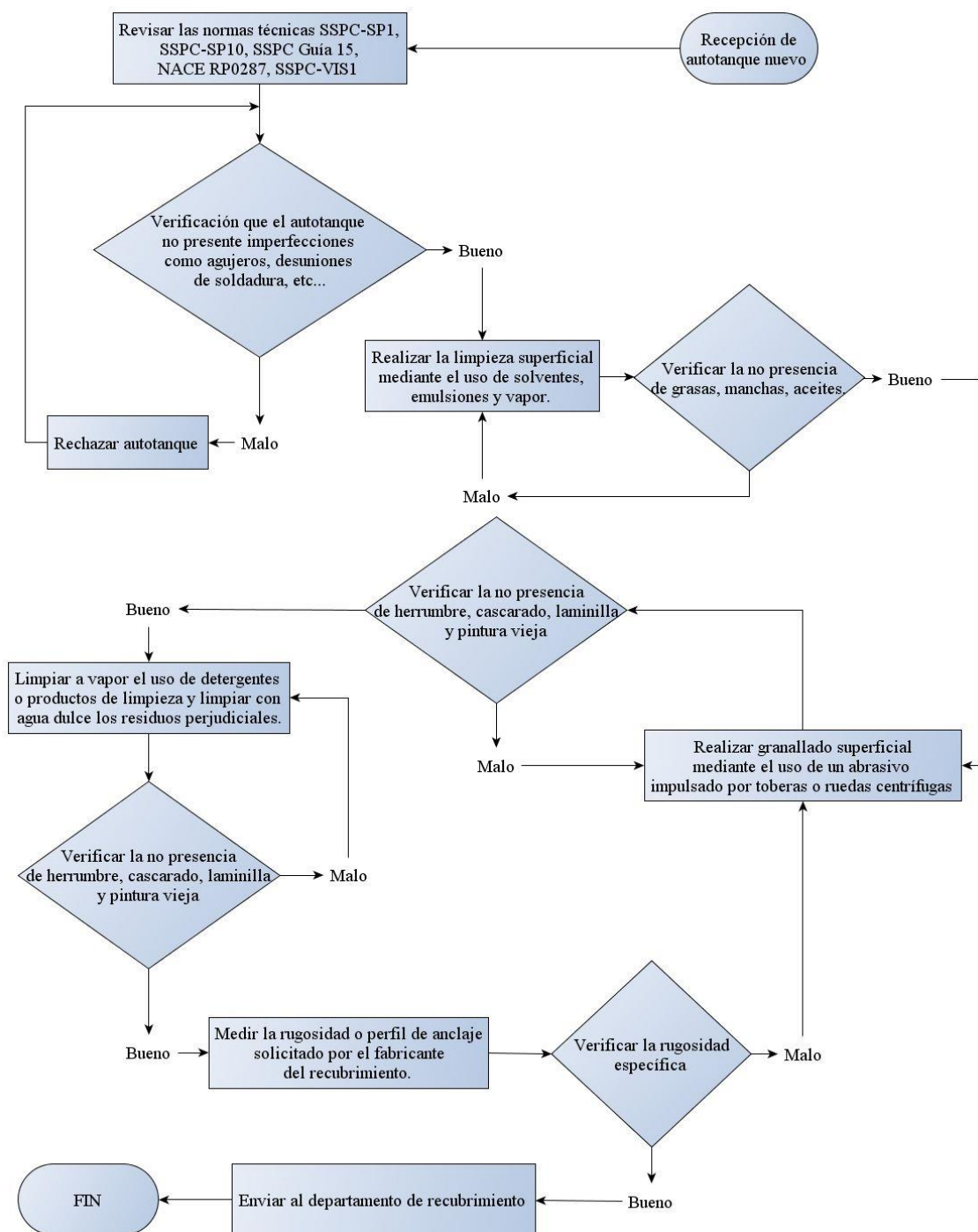


Figura 3-6. Diagrama de flujo de la preparación superficial externa del autotank.

Fuente. Autores

3.5.6. *Sistemas de recubrimiento.*

Un sistema de pintado se encuentra compuesto por varias capas de recubrimiento que complementan las cualidades de cada uno formando en su conjunto una capa protectora de alta resistencia. El sistema está constituido normalmente por: Una capa de fondo o imprimación. Es una capa de recubrimiento de gran adherencia a la base, normalmente contiene elementos pasivantes del metal en virtud a los pigmentos que contiene, generalmente contiene zinc. A continuación se aplican las capas intermedias llamadas body o barrier, para lo cual se emplean recubrimientos de alto contenido de sólidos, cuyo objetivo primordial es llegar a los espesores finales especificados con un número mínimo de manos. Por último, se aplican las capas de sello o acabado, las que sellan definitivamente el sistema, estas otorgan el color final y las cualidades estéticas que se desean. Las pinturas seleccionadas para el sistema deben ser compatibles entre sí primordialmente se exige que se trabaje todas las capas con una misma marca comercial.

3.5.6.1. *Sistemas de recubrimientos para autotanques.*

Existe diversos sistemas de recubrimiento epóxico para la superficie exterior de los autotanques; que va desde un recubrimiento de 3 capas de alquídico hasta un recubrimiento de epoxy-uretano y todas las combinaciones que se puede realizar entre ellos, el cual se detalla a continuación:

Los sistemas más utilizados para el recubrimiento exterior de autotanques son los siguientes:

Sistema 1: Sistema epóxico multipropósito de alta resistencia de tres capas de 100 micras con un espesor total de 300 micras.

Sistema 2: Sistema epóxico de 2 capas de 100 micras con un espesor total de 200 micras.

Sistema 3: Sistema de una capa de primer epóxico de 75 micras y dos capas de esmalte de 50 micras cada una con espesor total de 175 micras.

Sistema 4: Sistema de una capa de primer de epoxipoliámida rico en zinc orgánico de 50 micras, una capa intermedia de sellado de epoxipoliámida de 90 micras de espesor y una capa de acabado de poliuretano alifático de 50 micras con un espesor total de 190 micras.

Sistema 5: Sistema de una capa de primer de epoxipoliámida rico en zinc orgánico de 50 micras, una capa intermedia de epóxico de alto contenido de sólidos de 90 micras de espesor y una capa de acabado de poliuretano alifático de 50 micras con un espesor total de 190 micras.

3.5.6.2. Sistema de recubrimiento a emplear en el autotanque de 8000 galones de GLP.

De los sistemas anteriormente mencionados se ha determinado que el método que cumplen con las características adecuadas como espesores de película seca y húmeda, rendimiento teórico, porcentajes de sólidos, etc. es el quinto sistema para el recubrimiento exterior del autotanque.

El quinto sistema emplea una capa de 190 micras alcanzadas mediante el empleo de tres capas. La primera capa tiene un espesor de 50 micras de recubrimiento epoxi rico en zinc, la segunda capa tiene un espesor de 90 micras de recubrimiento epoxi con alto contenido de sólidos y la última capa posee un espesor de 50 micras de recubrimiento epoxi poliuretano alifático, garantizando una elevada protección anticorrosiva mediante el empleo de las dos primeras capas, mientras que la última capa se trata de un recubrimiento de sellado y acabado estético.

Es preciso establecer que estos valores de espesor no son fijos por lo cual a la hora de las mediciones de espesor pueden variar, para establecer un rango de medición correcto se emplea la norma técnica SSPC-PA2, la cual nos indica que del espesor de película seca deseado el rango a medir debe estar entre el 80 y 120 % del valor original, en caso de la primera capa se obtendría valores entre las 40 y 60 micras y de la capa final de 190 micras obtendríamos valores entre 152 micras como rango mínimo y como un máximo de 228 micras.

Una información muy importante al momento de la preparación del recubrimiento es la adecuada mezcla que se debe realizar entre el recubrimiento sólido y el thinner a emplear, dicha mezcla se la debe efectuar acorde a los valores establecidos en porcentaje de ambos elementos a combinar.

Se recomienda que el thinner a utilizar en la mezcla sea de la misma línea comercial que el recubrimiento elegido por motivos de combinaciones químicas; dichos diluyentes vienen recomendados en la ficha técnica del propio recubrimiento a utilizar.

A continuación se detallan las características básicas como son: rendimiento teórico, espesor de película seca, porcentajes de sólidos, valores VOC, etc., de las seis marcas comerciales de recubrimiento industrial en estudio las cuales son: CARBOLINE, SIGMA, DEVOE, JET, INTERNACIONAL y HEMPEL.

3.5.6.3. Marcas de recubrimientos industriales.

CARBOLINE

Carboline es parte de RPM International (República en polvo metales), es un proveedor mundial de revestimientos, y protección contra el fuego con oficinas y fábricas en todo el mundo. Tienen un fuerte compromiso con la industria de recubrimientos protectores. (Carboline, 2017)

Carboline toma un papel activo en organizaciones profesionales como la Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión (NACE) y la Sociedad de los revestimientos protectores (SSPC). Como miembro activo de la industria de recubrimientos protectores, patrocinan programas educativos tales como becas y una plaza de profesor en la ingeniería de la corrosión en la Universidad de Akron. (Carboline, 2017)

Carboline suministra recubrimientos que cumplan o superen las siguientes normas:

Normas ANSI aplicables para Nuclear Nivel I de contención

Normas AWWA para depósitos de agua

ANSI / NSF 61 para los componentes de agua potable

Cuerpo de Ingenieros Especificaciones

Especificaciones de pintura SSPC

Instituto depósitos de acero de depósitos enterrados

Las regulaciones federales y estatales en relación con las emisiones volátiles

Departamento de Defensa (DOD)

Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA)

Estados Unidos Departamento de Agricultura (USDA)

Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO)

Departamentos de Estado la mayoría de Transporte (DOT)

Numerosos Estado / Autoridades Regionales de peaje

Factory Mutual (FM)

Underwriters Laboratories (UL)

ASME NQA-1 (Nuclear)

Organización Marítima Internacional (OMI)

American Bureau of Shipping (ABS)

Det Norske Veritas (DNV)

Registro de Lloyd del envío (LRS) (Carboline, 2017)

Tabla 3-7. Características de los recubrimientos CARBOLINE.

Marca	Sistema de limpieza	Perfil de rigurosidad	
CARBOLINE	SSPC SP-10	(25 – 75) μm ó (1 – 3) mils.	
Sistema de recubrimiento externo			
Capa	1°	2°	3°
Nombre comercial	Zinc inorgánico.	Epoxi amina ciclo alifático.	Poliuretano alifático
Referencia comercial	Carbozinc 11	Carboguard 890	Carbothane 134 HG
Espesor de película seca	(50 – 75) μm (2 – 3) mils	(100 – 150) μm (4 – 6) mils	(51 – 76) μm (2 – 3) mils
Espesor de película húmeda	(70 – 100) μm (2.80 – 4) mils	195 μm 7.80 mils	(70 – 90) μm (2.80 – 3.60) mils
Rendimiento teórico	8,30 m²/l. a 75 μm	7 m²/l. a 100 μm	13,80 m²/l. a 50 μm
% Sólidos	79% ± 2%	75% ± 2%	70% ± 2%
Dilución	Thinner N° 26	Diluyente C2	Thinner N° 25
Color	Gris	Blanco	Guía de colores
Galones a utilizar	5,69	7,33	5,71
Costo por galón	\$ 67	\$ 52	\$ 61
Valores VOC	4 lb/gl	2 lb/gl	2,90 lb/gl
Tiempo de curado	18 a 24 horas	24 a 48 horas	72 horas
Condiciones de aplicación			
Temp. mínima	4 °C	10 °C	10 °C
Temp. máxima	40 °C	32 °C	38 °C
Humedad	40 a 90%	0 a 90%	10 a 85%

Fuente. Autores

JET

Jet es la marca líder en recubrimientos y pinturas para el sector industrial y marino. Fabricada y envasada por CORPORACION PERUANA DE PRODUCTOS QUIMICOS SA, que desde hace más de 80 años viene elaborando productos de alta calidad formulados para satisfacer las más altas exigencia de los clientes, además cuenta con un staff de técnicos certificados por entidades internacionales como NACE y SSPC quienes brindan el soporte técnico. (Jet, 2017)

Es así como Jet posee una alta capacidad de respuesta a los requerimientos de protección de sus clientes. Jet es una marca líder cuya propuesta de valor va más allá de la venta de productos, ofreciendo a sus clientes soluciones integrales, calidad, garantía, confianza convirtiendo la asesoría pre y post venta en un factor clave y diferenciador. (Jet, 2017)

Tabla 3-8. Características de los recubrimientos JET.

Marca	Sistema de limpieza	Perfil de rigurosidad	
JET	SSPC SP-10	(1 – 3) mils ó (25 – 75) µm	
Sistema de recubrimiento externo			
Capa	1°	2°	3°
Nombre comercial	Zinc inorgánico Etil Silicato	Epóxico	Poliuretano alifático
Referencia comercial	Jet Zinc Inorganic 850	JET 85 MP	JETHANE 650 HS
Espesor de película seca	(75 – 125) µm (3 – 5) mils	(100 – 200) µm (4 – 8) mils	(50 – 75) µm (2 – 3) mils
Espesor de película húmeda	(90 – 150) µm (3,60 – 6) mils	225 µm 9 mils	(75 – 100) µm (3 – 4) mils
Rendimiento teórico	8,70 m² /l. a 75 µm	5,30 m²/l. a 150 µm	12,10 m²/l. a 50 µm
% Sólidos	70% ± 3%	85%+3%	65% ± 3%
Dilución	JET ECOPOXY 90 o UNIPOX	UNIPOXI o JETPOXY 100	JETPOL 650
Color	Gris	Guía de colores	Guía de colores
Galones a utilizar	5,87	6,69	6,33
Costo por galón	\$ 60	\$ 62	\$ 58
Valores VOC	2,40 lb/gl	2,20 lb/gl	3 lb/gl
Tiempo de curado	6 a 8 horas	16 horas	12 horas
Condiciones de aplicación			
Temp. mínima	10 °C	10 °C	-5 °C
Temp. máxima	49 °C	45 °C	49 °C
Humedad	85%	0 a 90%	85%

Fuente. Autores

SIGMA

Sigma Coatings es una marca de PPG. Bajo la marca Sigma Coatings se venden varios tipos de recubrimientos de alta calidad y pintura. Éstos se pueden utilizar para decorar, marina, de protección y uso industrial. Sigma Coatings es una marca fuerte en el envío de aplicación arquitectónica, protectora e industrial de pinturas y recubrimientos en todo el mundo. (Sigma, 2017)

Tabla 3-9. Características de los recubrimientos SIGMA.

Marca	Sistema de limpieza	Perfil de rigurosidad	
SIGMA	SSPC SP-10	(40 – 70) μm	
Sistema de recubrimiento externo			
Capa	1°	2°	3°
Nombre comercial	Silicato de zinc	Epóxico	Poliuretano alifático acrílico
Referencia comercial	SIGMAZINC 158	SIGMACOVER 630	SIGMADUR 550
Espesor de película seca	(75 – 100) μm (3 – 4) mils	(60 – 200) μm (2,40 – 8) mils	(50 – 60) μm (2 - 2,40) mils
Espesor de película húmeda	(90 – 125) μm (3.60 – 5) mils	225 μm 9 mils	(70 – 85) μm (2.80 – 3.40) mils
Rendimiento teórico	8,70 m²/l. a 75 μm	4,20 m²/l. a 200 μm	11 m²/l. a 50 μm
% Sólidos	65 ± 2%	83 ± 2%	55 ± 2%
Dilución	THINNER 90-53	THINNER 91-92	THINNER 21-06
Color	Verde gris	Rojo marrón	Guía de colores
Galones a utilizar	6,30	6,58	7,22
Costo por galón	\$ 56	\$ 64	\$ 44
Valores VOC	4,20 lb/gl	1,90 lb/gl	3,60 lb/gl
Tiempo de curado	12 horas	48 horas	72 horas
Condiciones de aplicación			
Temp. mínima	-5 °C	15 °C	10 °C
Temp. máxima	50 °C	45 °C	45 °C
Humedad	85%	0 a 90%	85%

Fuente. Autores

DEVOE

La gama Devoe tiene un largo historial de éxito como resultado de un compromiso con la innovación y el avance tecnológico a lo largo de la historia. Devoe High Performance Coatings se pueden encontrar en los Centros de Recubrimiento Protector, y de propiedad independiente Devoe Coatings Dealers en Canadá y los Estados Unidos (EE.UU.). (Devoe, 2017)

Desarrollan estas distintas categorías de productos con el fin de ayudar a elegir recubrimientos basados en el nivel de protección contra la corrosión requerido para el trabajo. La protección contra la corrosión es lo que hacemos y nuestros productos alquídicos, acrílicos, epoxi, poliuretanos, revestimientos y zinc hacen el trabajo. (Devoe, 2017)

Tabla 3-10. Características de los recubrimientos DEVOE.

Marca	Sistema de limpieza	Perfil de rigurosidad	
DEVOE	SSPC SP-10	(38 – 62) μm ó (1,50 - 2,50) mils.	
Sistema de recubrimiento externo			
Capa	1°	2°	3°
Nombre comercial	Zinc inorgánico reforzado.	Epóxico	Poliuretano alifático
Referencia comercial	Cathacoat 302H	Devran 224V	Devthane 359H
Espesor de película seca	(62,50 – 100) μm (2,50 - 4) mils	150 μm 6 mils	(100 – 150) μm (4 - 6) mils
Espesor de película húmeda	(81 – 128) μm (3,20 – 5,10) mils	195 μm 7,80 mils	(139 – 208) μm (5,60 – 8,30) mils
Rendimiento teórico	9,60 m²/l. a 81 μm	5,10 m²/l. a 150 μm	5,80 m²/l. a 125 μm
% Sólidos	78% ± 2%	77% ± 2%	72%± 2%
Dilución	Reductor T-10.	Adelgazador T-10	T-9 Reductor
Color	Verde	Gris	Guía de colores
Galones a utilizar	5,10	7,16	5,49
Costo por galón	\$ 92,50	\$ 30,40	\$ 53,60
Valores VOC	2,35 lb/gl	0,23 lb/gl	1,91 lb/gl
Tiempo de curado	13 horas	23 a 43 horas	24 horas
Condiciones de aplicación			
Temp. mínima	5 °C	-4 °C	5 °C
Temp. máxima	40 °C	45 °C	45 °C
Humedad	85%	85%	85%

Fuente. Autores

HEMPEL

Es líder mundial de pinturas y recubrimientos para los mercados industrial, naval, contenedores, náutico y decoración. En Hempel apuestan por tres factores clave para ayudar a sus clientes a salvaguardar sus instalaciones durante más tiempo: una importante inversión en I+D, avanzadas técnicas de producción y asesoramiento profesional en materia de recubrimientos. Su concepto de trabajo es sencillo: ser curiosos, creativos y autocríticos. (Hempel, 2017)

Asimismo, creen que la industria de la pintura debe aportar su granito de arena para ayudar a conservar el medioambiente. Por este motivo invierten en la creación de productos de base agua y en ideas innovadoras para ayudar a sus clientes a reducir el consumo de combustible y a conseguir sus objetivos medioambientales. (Hempel, 2017)

Tabla 3-11. Características de los recubrimientos HEMPEL.

Marca	Sistema de limpieza	Perfil de rigurosidad	
HEMPEL	SSPC SP-10	(1,60 – 2,80) mils ó (40,64 - 71,12) μm	
Sistema de recubrimiento externo			
Capa	1°	2°	3°
Nombre comercial	Zinc inorgánico.	Epóxico	Poliuretano.
Referencia comercial	HEMPADUR ZINC 15360	HEMPADUR MASTIC 45880	HEMPATHANE ENAMEL 55100
Espesor de película seca	(70 - 82,50) μm	125 μm	35 μm
	(2,75 - 3,25) mils	5 mils	1,40 mils
Espesor de película húmeda	75 μm	150 μm	75 μm
	3 mils	6 mils	3 mils
Rendimiento teórico	12,50 m²/l. a 40 μm	6,40 m²/l. a 125 μm	14,90 m²/l. a 35 μm
% Sólidos	50 ± 1	80 ± 1	52 ± 1
Dilución	THINNER 08450	THINNER 08450	THINNER 08080
Color	Verde	Verde	Guía de colores
Galones a utilizar	7,94	6,87	7,63
Costo por galón	\$ 83,60	\$ 79,90	\$ 81,20
Valores VOC	3,80 lb/gl	1,80 lb/gl	3,60 lb/gl
Tiempo de curado	24 horas	12 a 24 horas	24 horas
Condiciones de aplicación			
Temp. mínima	10 °C	0 °C	5 °C
Temp. máxima	40 °C	45 °C	45 °C
Humedad	85%	85%	85%

Fuente. Autores

INTERNATIONAL

Desde hace más de un siglo, International Paint ha creado las soluciones de revestimiento más innovadoras para proteger, embellecer y mejorar el rendimiento de todo tipo de industrias. El éxito se ha basado en dos principios: un compromiso permanente para la comprensión de las necesidades de los clientes, y, a su vez, para proporcionar productos de calidad y soluciones prácticas para el interesado. (International, 2017)

Es un proveedor mundial de revestimientos de alto rendimiento. Sus productos son esenciales para los clientes en una amplia gama de mercados, incluyendo el transporte, edificios e infraestructuras industriales y bienes de consumo. Son utilizados por los clientes en todo el mundo para proteger y mejorar todo, desde barcos, automóviles, aeronaves, barcos y componentes arquitectónicos (acero estructural, productos de construcción, revestimientos de suelo) a los bienes de consumo (dispositivos móviles, electrodomésticos, envases de bebidas, muebles) e instalaciones industriales tales como las instalaciones de petróleo y gas y turbinas de viento. (International, 2017)

Nuestros productos están diseñados para llevar a cabo con los más altos estándares, sino que también ofrecen en la estética, con las tecnologías líderes en el mundo de colores, combinación de colores y la investigación tendencias, así como experiencia en tratamientos de superficie para los bienes de consumo, tales como muebles, electrodomésticos y dispositivos móviles. (International, 2017)

International se dedica a proporcionar soluciones que protegen, embellecen y reducen el mantenimiento de todo tipo de maquinaria - se esfuerzan por garantizar que el trabajo que hacen, no sólo marca la diferencia, sino que se convierte en un elemento fundamental de apoyo a sus clientes. (International, 2017)

International Paint opera dentro de las divisiones de Marina y PC de Akzo Nobel, que es el mayor fabricante de revestimientos en general y el número uno en pinturas decorativas y revestimientos de alto rendimiento, además de ser un importante proveedor mundial de productos químicos especializados. (International, 2017)

Tabla 3-12. Características de los recubrimientos INTERNACIONAL.

Marca	Sistema de limpieza	Perfil de rigurosidad	
INTERNATIONAL	SSPC SP-10	(40 – 75) μm ó (1,50 – 3) mils	
Sistema de recubrimiento externo			
Capa	1°	2°	3°
Nombre comercial	Silicato inorgánico rico en zinc	Epóxico	Poliuretano Acrílico
Referencia comercial	Interzinc 22	Intergard 251	Interthane 990
Espesor de película seca	(50 – 75) μm (2 – 3) mils	(50 – 75) μm (2 – 3) mils	(50 – 75) μm (2 – 3) mils
Espesor de película húmeda	(79 – 119) μm (3,20 - 4,80) mils	(79 – 119) μm (3,20- 4,80) mils	(88 – 132) μm (3,50 - 5,30) mils
Rendimiento teórico	8,40 m²/l. a 75 μm	8,40 m²/l. a 75 μm	11,40 m²/l. a 50 μm
% Sólidos	63%	63% ± 2%	57% ± 3%
Dilución	International GTA803	International GTA220	International GTA713
Color	Verde	Rojo	Guía de colores
Galones a utilizar	6,30	8,72	6,96
Costo por galón	\$ 93,80	\$ 26,90	\$ 51,70
Valores VOC	3,92 lb/gl	3,25 lb/gl	3,50 lb/gl
Tiempo de curado	5 a 9 horas	12 horas	10 a 24 horas
Condiciones de aplicación			
Temp. mínima	5 °C	10 °C	-5 °C
Temp. máxima	40 °C	40 °C	45 °C
Humedad	0 a 85%	0 a 85%	0 a 85%

Fuente. Autores

3.5.6.4. Análisis comparativo de los recubrimientos industriales.

En este ítem se analiza las propiedades de espesor de película seca, rendimiento teórico y porcentajes de sólidos que tiene cada recubrimiento mediante el uso de un cuadro comparativo y gráficas de barras para determinar el recubrimiento industrial adecuado a emplear en nuestro estudio.

Tabla 3-13. Cuadro comparativo de los recubrimientos industriales.

Marcas		CARBOLINE	JET	SIGMA	DEVOE	HEMPEL	INTERNATIONAL
Características							
Espesor de película seca (μm)	Primera capa	50	75	75	62,50	70	50
	Segunda capa	100	100	60	150	125	50
	Tercera capa	51	50	50	100	35	50
Rendimiento teórico (m ² /l.) a 1 mils de espesor	Primera capa	2,76	2,90	2,90	2,96	7,81	2,80
	Segunda capa	1,75	0,88	0,52	0,85	1,28	2,80
	Tercera capa	6,90	6	5,50	1,16	10,64	5,70
Porcentajes de sólidos (%)	Primera capa	79 ± 2	70 ± 3	65 ± 2	78 ± 2	50 ± 1	63
	Segunda capa	75 ± 2	85 ± 3	83 ± 2	77 ± 2	80 ± 1	63 ± 2
	Tercera capa	70 ± 2	65 ± 3	55 ± 2	72 ± 2	52 ± 1	57 ± 3

Fuente. Autores

a) Análisis de espesores de película seca.

A continuación se compara el espesor de película seca de cada recubrimiento con el sistema de pintado tri-capa que nos recomienda el proyecto PATINA (Protección Anticorrosiva de Metales en la Atmósfera), el cual consta de una primera capa de 50 μm , una capa intermedia de 90 μm y una capa final de 50 μm , empleando el uso de graficas de barras.

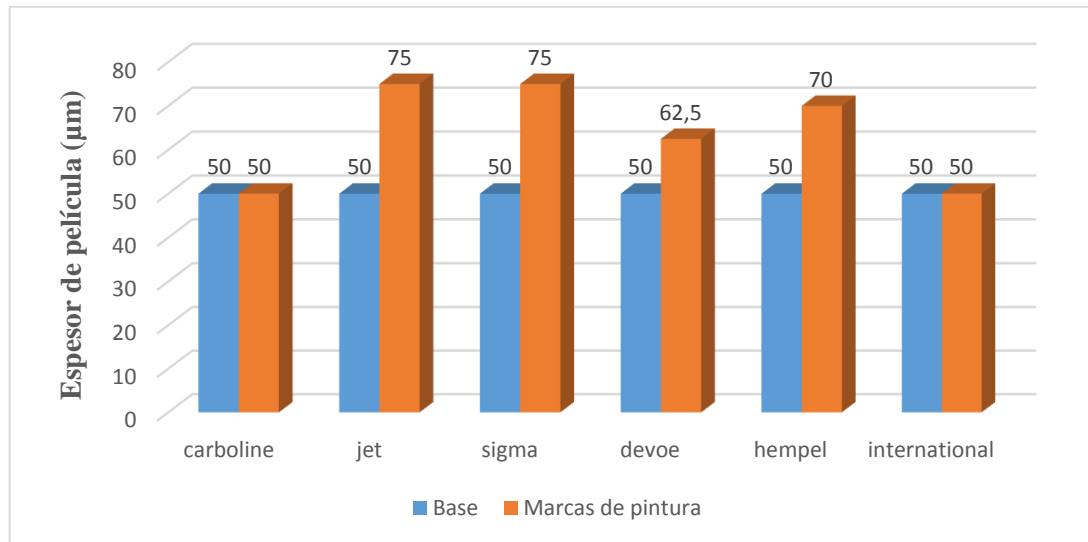


Figura 3-7. Gráfica comparativa de la primera capa de recubrimiento.

Fuente. Autores

Como se puede apreciar las marcas CARBOLINE e INTERNACIONAL cumplen con el espesor de película solicitado por el sistema de pintado.

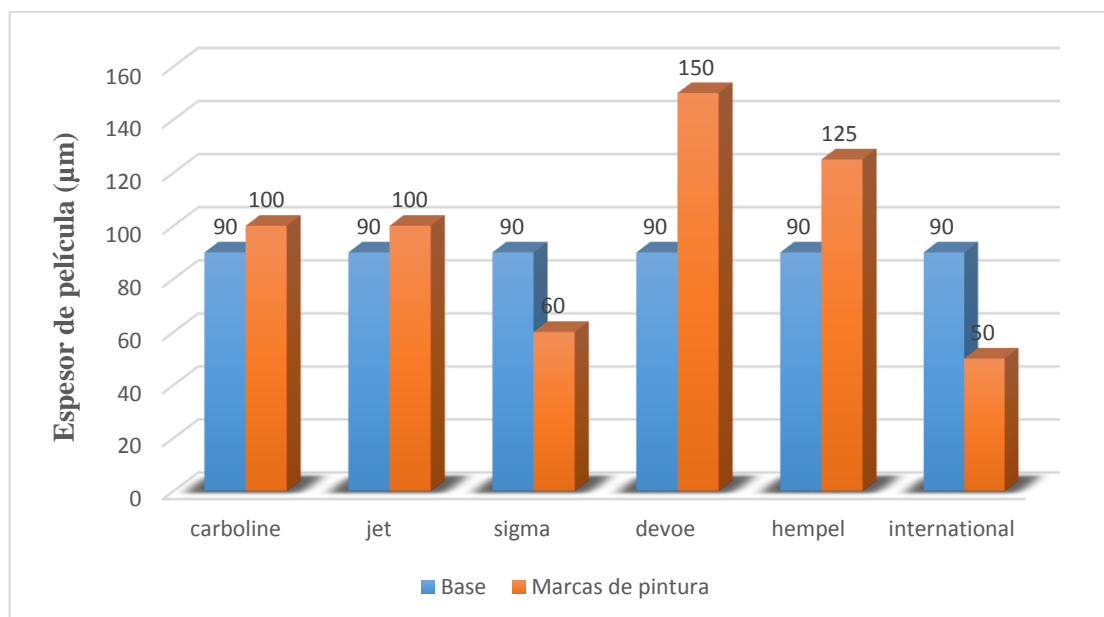


Figura 3-8. Gráfica comparativa de la segunda capa de recubrimiento.

Fuente. Autores

Como se puede observar las marcas CARBOLINE y JET se aproximan al espesor de película solicitado por el sistema de pintado.

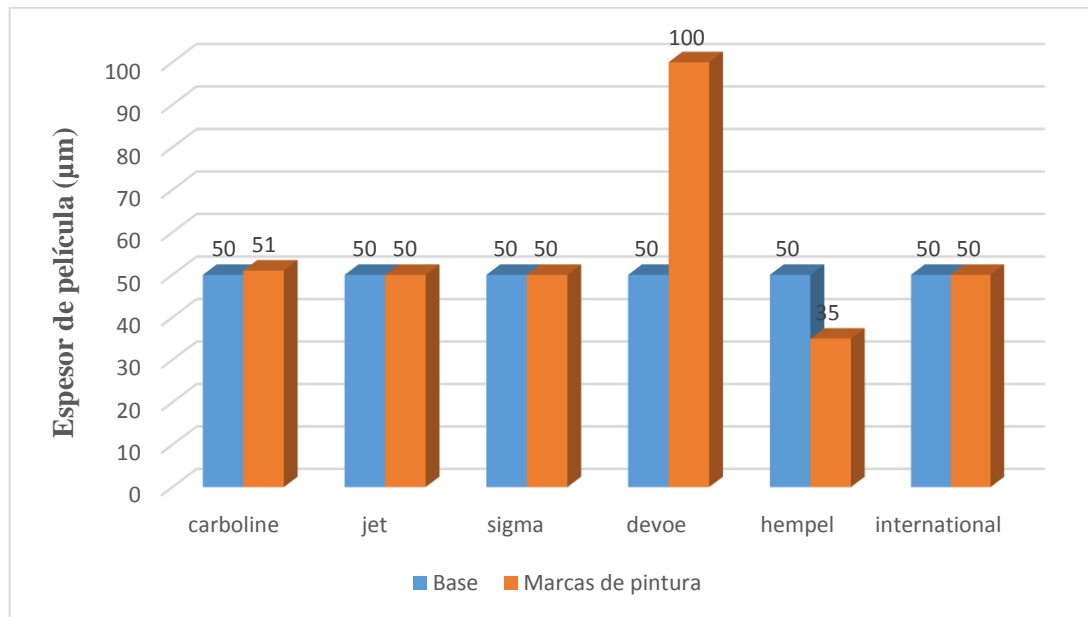


Figura 3-9. Gráfica comparativa de la tercera capa de recubrimiento.

Fuente. Autores

En la gráfica se aprecia que las marcas CARBOLINE, JET, SIGMA e INTERNATIONAL cumplen con el espesor de película seca requerido por el sistema de pintado.

En conclusión se determina que las marcas CARBOLINE y JET presentan valores similares y otros muy cercanos a los especificados por el sistema de pintura seleccionado. Por lo tanto se realizará la comparación de los rendimientos teóricos y porcentajes de sólidos entre las dos marcas comerciales y así definir cuál es la apropiada para nuestro trabajo.

b) Análisis de rendimiento teórico y porcentajes de sólidos.

En esta sección se comparan los rendimientos teóricos y porcentajes de sólidos de los recubrimientos de la marca CARBOLINE con los de la marca JET entre sí para cada capa de pintura.

Se seleccionará la marca comercial que presente los valores más elevados en dicho análisis.

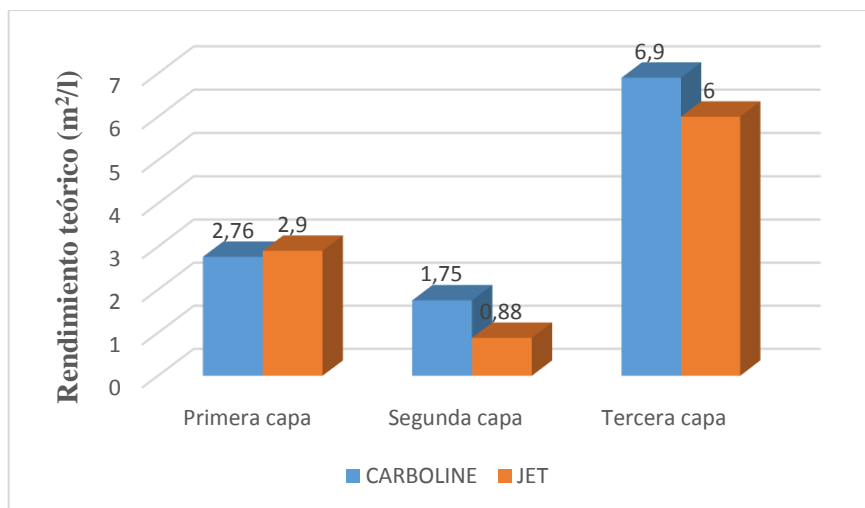


Figura 3-10. Gráfica comparativa de los rendimientos teóricos.

Fuente. Autores

En base a la gráfica se demuestra que CARBOLINE presenta valores superiores a los de JET en los recubrimientos de la segunda y tercera capa.

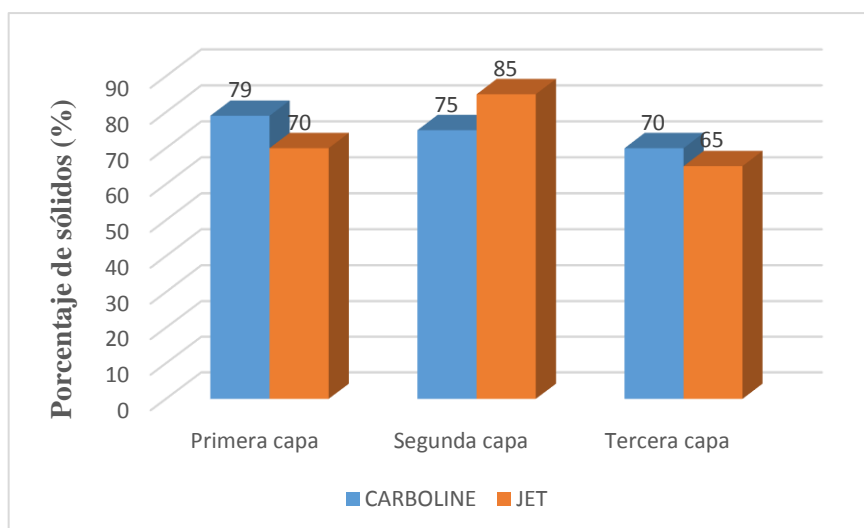


Figura 3-11. Gráfica comparativa de los porcentajes de sólidos.

Fuente. Autores

Como podemos observar CARBOLINE nuevamente presenta valores superiores a los de JET en los recubrimientos de la primera y tercera capa.

Al término de nuestro análisis podemos determinar que la marca comercial adecuada para nuestro estudio es CARBOLINE al presentar valores de espesores de película seca similares al sistema de pintado tri-capa y valores superiores en rendimiento teórico y porcentaje de sólidos al resto de las marcas comerciales comparadas.

3.5.7. *Procedimiento para la aplicación de recubrimiento exterior del autotanque.*

Antes de iniciar la aplicación de la primera capa del recubrimiento se deberá verificar que las condiciones ambientales se encuentren acordes a lo especificado por el fabricante del recubrimiento a utilizar que es Carbozinc 11 de la marca CARBOLINE mediante la especificación técnica ISO 8502-4.

La temperatura normal de aplicación que sugiere el fabricante está comprendido entre los 4°C a 35°C o 40°F a 95°F con un porcentaje de humedad entre 40 a 90 % con un tiempo de secado aproximadamente entre 18 a 24 horas. A lo largo del tiempo de aplicación se deberá realizar mediciones frecuentes del espesor de película húmeda con el fin de garantizar que al momento de secado se cumpla con el espesor de película seca anteriormente mencionado, la medición se realizará aplicando la especificación técnica SSPC-PA2.



Figura 3-12. Tanque de presurizado.

Fuente. Autores

Una vez seca la primera capa se procederá a realizar la prueba de adherencia siguiendo los procedimientos descritos en la norma ASTM D3359, en caso de haber secciones irregulares se deberá realizar un repintado de dichas secciones y una nueva revisión del espesor de película seca, luego de un tiempo de secado adecuado se procederá aplicar la segunda capa de recubrimiento.

Al igual que en el procedimiento anterior, en la segunda capa se debe realizar una verificación de las condiciones climáticas mediante la norma técnica ISO 8502-4. Las condiciones climáticas del fabricante de Carboguard 890, que es un recubrimiento epoxi-amina ciclo alifático el cual se empleará en esta sección exponen que para el trabajo idóneo se debe tener una temperatura comprendida entre los 10 a 32 °C con un porcentaje de humedad entre 0 y 90 %, estimando un tiempo de curado entre 1 y 2 días.

Para obtener el espesor de película seca recomendado de 90 μm , se deberá realizar mediciones frecuentes de la película húmeda mediante el empleo del peine o la rueda aplicando lo estipulado por la norma SSPC-PA2. Una vez seco la segunda capa del recubrimiento se procede a la evaluación de la adherencia como lo describe la norma ASTM D3359, en caso de haber secciones

irregulares se deberá realizar un repintado de dichas secciones y una nueva revisión del espesor de película seca y luego de un tiempo de secado adecuado se procederá aplicar la tercera capa de recubrimiento.

El recubrimiento Carbothane 134HG de la tercera capa es un poliuretano acrílico alifático, el cual para su aplicación expresa que las condiciones climáticas de trabajo adecuado se encuentra entre los 10 a 38°C o 50 a 100°F con un porcentaje de humedad entre 10 y 85 % estimando un tiempo de curado de 72 horas, la verificación de la temperatura ambiental se la puede realizar mediante la especificación técnica ISO 8502-4.

Durante el proceso de aplicación del recubrimiento se empleará constantes mediciones de la película húmeda para cumplir con el espesor de película seca estimado en 50 μm , aplicando instrumentos como el peine o rueda para la película húmeda y la corriente parasita para la película seca estipulada en la norma SSPC-PA2. Como último procedimiento para esta capa se realizará la prueba de adherencia como lo estipula la norma ASTM D3359, la cual al registrar una sección imperfecta indica que debe ser repintada y verificada su espesor de película seca.

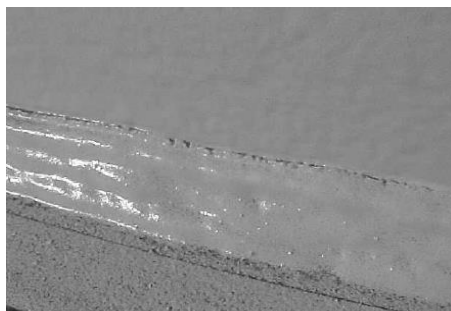


Figura 3-13. Recubrimiento sobreaplicado.

Fuente. Autores

Una vez concluido el recubrimiento tricapa exterior del autotank se realizara la prueba final de discontinuidad para garantizar que el trabajo realizado es el idóneo. La prueba se la aplica en base a la norma NACE RP0188, la cual al registrar una sección imperfecta indica que debe ser repintada y verificada su espesor de película seca, una vez superada esta evaluación el autotank queda listo para desempeñar el trabajo para lo cual fue construido.

Para el recubrimiento del chasis el modo de empleo es similar al utilizado en la superficie exterior del autotank, se recurrirá al mismo sistema tri-capa empleado anteriormente al igual que los mismos sistemas de control antes descritos. La principal diferencia radica en el color a usar en la última capa, por lo que el color de la superficie externa del autotank depende exclusivamente del requerimiento del cliente, mientras que el color del chasis será negro el cual se podría decir que se encuentra estandarizado.

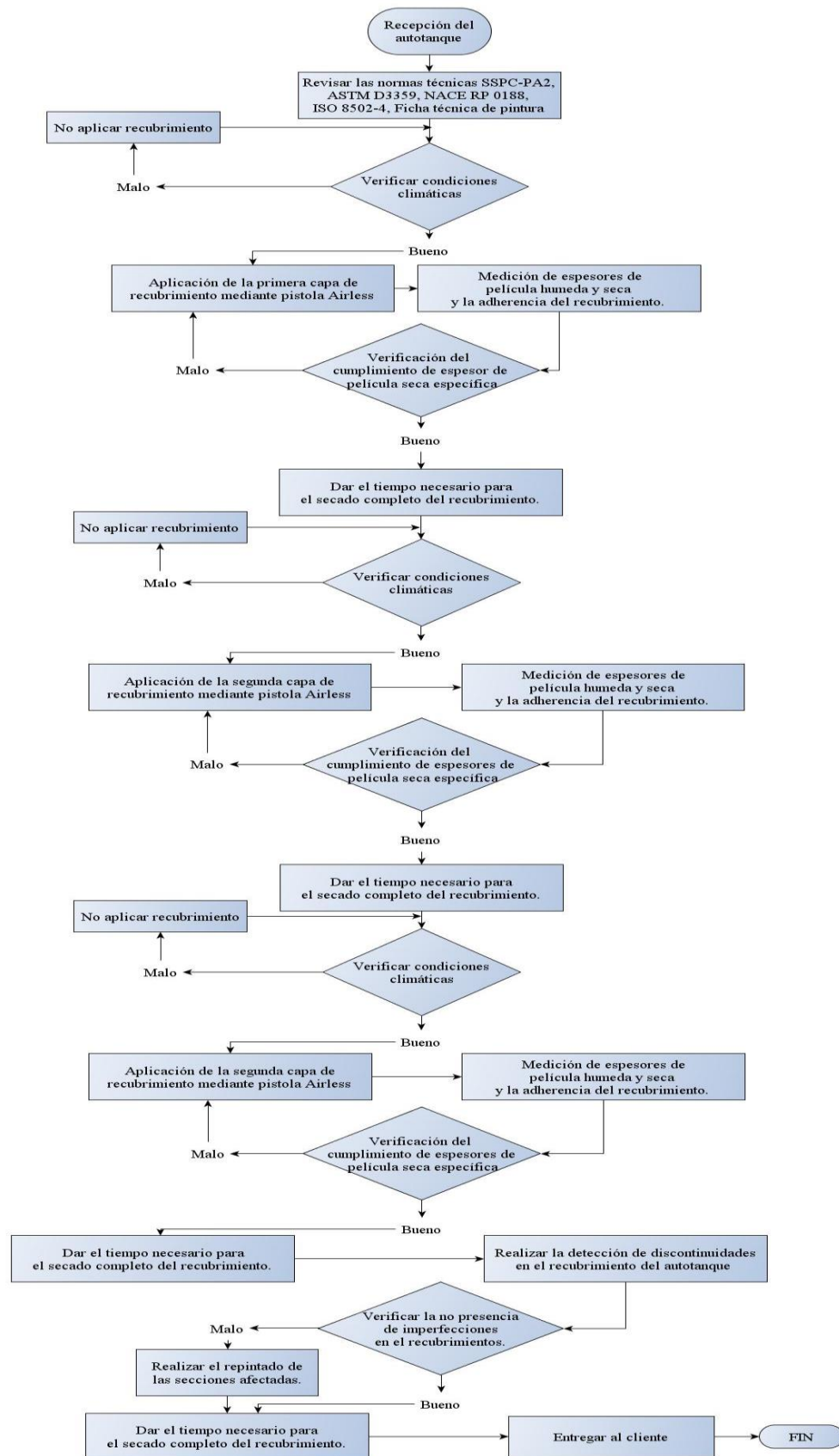


Figura 3-14. Diagrama de flujo del procedimiento de recubrimiento exterior del autotanque.

Fuente. Autores

3.6. Métodos de aplicación.

3.6.1. Aplicación a pistola.

La aplicación por pistola de pulverización es uno de los métodos más rápidos para aplicar pintura. La siguiente tabla nos indica algunos valores referentes en cuanto a la rapidez de los distintos métodos de aplicación:

Tabla 3-14. Métodos de aplicación de pinturas.

Método de Aplicación	Imprimación	Capas intermedias	Capa de acabado	Pinturas de gran viscosidad
Brocha	Sí	Sí	Sí	No
Rodillo	No	Sí	Sí	No
Pistola convencional (atomización x aire)	No	Sí	Sí	No
Pistola sin aire (Airless)	No	Sí	Sí	No
Pistola en caliente	No	Sí	Sí	Sí
Atomización con pistola de alta presión	No	No	No	Sí

Fuente. (García, 2003)

Los equipos de pulverización son en general equipos muy versátiles de lo cual existen dos variedades:

- Equipo convencional.
- Equipo Airless.

a) Equipo convencional. El primer método empleado para la aplicación por pulverización fue la atomización por aire. Un compresor entrega aire comprimido a través de una manguera a una pistola que atomiza la pintura a neblina, que es a su vez proyectada sobre la superficie. El recubrimiento acorde al equipo utilizado en la presurización, puede fluir en forma gravitacional, puede ser alimentada por succión o lo que es más común, puede mantenerse en recipientes presurizados.

Del recipiente se empuja la pintura hacia la pistola a través de una manguera mediante aire comprimido. Si a la atomización de la pintura se le aplica demasiada presión puede provocar una sobrepulverización considerable. En consecuencia, áreas cercanas deberán ser necesariamente cubiertas para no ser manchadas por el recubrimiento pulverizado. Pero también las pérdidas de pintura son importantes y pueden variar desde un 20% a un 40% en acero estructural.

b) Equipo Airless. El trabajo del equipo Airless se basa en presión hidráulica para lograr la pulverización del recubrimiento. Un compresor de aire, un motor eléctrico, o un motor a gas es

utilizado para operar una bomba que origina una alta presión comprendida entre las 1000 y 6000 libras. El recubrimiento es bombeado hacia la pistola de pulverización a dicha presión, a través de una sola manguera. Dentro de la pistola la pintura se hace pasar a través de un orificio muy pequeño, por lo cual se produce la atomización del recubrimiento sin influencia del aire. Esto resulta en un cubrimiento mejor y más rápido de la superficie y con muy poca sobrepulverización.

La pistola Airless normalmente es más rápida, más limpia, más económica y más fácil de utilizar que el equipo de pintado convencional con aire. El equipo Airless es apto para grandes áreas y la pistola requiere menos ajustes que en un sistema convencional por lo que evita el constante cambio de boquillas para obtener diferentes abanicos de rociado. Debido a las altas presiones presentes, el recubrimiento debe ser muy bien colado para prevenir un escollo de las boquillas y la limpieza del equipo se debe realizar en extrema precaución para evitar futuros daños.

El equipo Airless puede ser operado o accionado por distintas fuentes de poder:

- **Aire comprimido.** La unidad hidráulica es movida mediante un motor de aire comprimido alimentado desde un compresor tradicional.
- **Unidades eléctricas.** La unidad es autosuficiente y tiene su propio motor eléctrico a prueba de explosiones. Los tamaños varían según la unidad.
- **Unidad con motor de gasolina.** Para utilización en terreno.

3.6.2. Aplicación a brocha.

La aplicación mediante brocha es la menos exigente de los métodos en cuanto a la preparación del recubrimiento y en la limpieza posterior al trabajo, basta solamente con limpiar la brocha. No obstante, la aplicación a brocha es más parsimoniosa que los otros métodos por lo cual debería utilizarse para áreas pequeñas, para efectuar cortes o para utilizarse en esquina.

3.7. Lista de actividades del procedimiento de preparación y recubrimiento superficial del autotank de GLP

La lista de actividades es un elemento fundamental en los procedimientos de preparación y recubrimiento superficial, mediante esta lista el personal de trabajo de la empresa puede realizar las actividades de una forma sincronizada evitando pérdidas de tiempo y posibles retrasos en la entrega del trabajo.

Para el control de calidad al proceso de preparación y recubrimiento superficial de los autotank de GLP, las actividades en las cuales se debe realizar el control de calidad se encuentran enumeradas, para un mejor entendimiento. En la siguiente tabla se indican las actividades con su respectivo procedimiento de control, especificación técnica, responsable, descripción y registro.

Tabla 3-15. Actividades del procedimiento de preparación y recubrimiento superficial.

	Actividad	Descripción	Especificación Técnica	Control	Responsable
1	El técnico realiza la solicitud para la realización de ensayos de preparación y recubrimiento superficial para la empresa interesada.	La solicitud para la ejecución de ensayos por parte de la empresa interesada se lo realizara mediante un formato de la facultad de mecánica. R – S- PRS- FM – 001	Formato de la facultad de mecánica		Representante legal de la empresa
2	La empresa requerida realizará la ficha técnica del ingreso del autotank a la entidad.	El registro de la ficha técnica se lo realizara mediante un formato de la facultad de mecánica. R – FT – A- FM – 001	Formato de la facultad de mecánica	Verificación de irregularidades e imperfecciones	Representante legal de la empresa
3	El inspector de calidad encargado de los ensayos realizará la revisión de la solicitud y la programación de actividades para la realización de las pruebas en el autotank.	Se elaborará un procedimiento de ensayos de preparación y recubrimiento superficial a utilizar en el autotank R – PR- PRS – FM - 001	Formato de la facultad de mecánica	Programa de actividades	Coordinador técnico del laboratorio y asistente de oficina

Tabla 3-15. (Continuación) Actividades del procedimiento de preparación y recubrimiento superficial.

4	<p>Se revisarán las normas técnicas correspondientes a la preparación de superficies internas.</p> <p>El personal técnico realizará la preparación superficial empezando con una limpieza de solventes, seguido de un granallado metálico o mineral acorde a lo especificado en la norma.</p>	<p>La limpieza con disolventes es un método para eliminar todo visible aceite, grasa, el suelo, el dibujo y la reducción de compuestos, y otros contaminantes solubles de las superficies de acero.</p> <p>Superficie preparada a metal blanco por limpieza por chorro se define como una superficie con color uniforme gris blanco metálico, ligeramente rugosa para formar un conveniente perfil de anclaje para la pintura.</p> <p>PR – E – DSI – FM - 001</p>	<p>Grado SSPC-SP1.</p> <p>Limpieza mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solventes. • Emulsiones. • Limpieza con vapor. <p>Grado SSPC-SP5</p> <p>Limpieza mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El uso de un abrasivo impulsado a través de tobera o por ruedas centrífugas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de presencia de aceite. • Verificación de productos de corrosión. • Verificación de herrumbre. • Comparación de grado de limpieza alcanzado. 	<p>Supervisor Operador</p>
5	<p>Se revisarán las normas técnicas correspondientes a la preparación de superficies.</p> <p>El personal técnico realizará la preparación superficial empezando con una limpieza de solventes, seguido de un granallado metálico o mineral acorde a lo especificado en la norma.</p>	<p>La limpieza con disolventes es un método para eliminar todo visible aceite, grasa, y otros contaminantes solubles de las superficies de acero.</p> <p>Limpieza con chorro grado casi blanco, es un método de preparación de superficies metálicas para pintarlas removiendo casi toda la cascarilla de laminado.</p> <p>PR – E – DSE – FM - 001</p>	<p>Grado SSPC-SP1.</p> <p>Limpieza mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solventes. • Limpieza con vapor. <p>Grado SSPC-SP10.</p> <p>Limpieza mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El uso de un abrasivo impulsado a través de tobera o por ruedas centrífugas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de presencia de aceite. • Verificación de productos de corrosión. • Verificación de herrumbre. • Comparación de grado de limpieza alcanzado 	<p>Supervisor Operador</p>

Tabla 3-15. (Continuación) Actividades del procedimiento de preparación y recubrimiento superficial.

6	Aplicación de la primera capa de recubrimiento externo.	<p>Es una capa de recubrimiento inorgánico rico en zinc de gran adherencia a la base, normalmente contiene elementos pasivantes del metal en virtud de los pigmentos que contiene.</p> <p>PR – E – DEEA – FM – 001 PR – E – DCA – FM - 001</p>	<p>Catálogo de pintura</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura mínima y máxima de trabajo entre 4 y 35 °C. • Humedad de trabajo entre 40 y 90%. • Manguera para material D.I. 3/8" • Tamaño de boquilla de 0,019 a 0,023" • Presión de salida de 1500 a 2000 psi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de condiciones ambientales. • Control de aplicación mediante la medición de espesores en húmedo. • Medición y nivelación de espesores en seco. • Evaluación de adherencia. 	Supervisor Operador
7	Aplicación de la segunda capa de recubrimiento externo.	<p>Es una capa de recubrimiento epóxico donde se emplean pinturas de altos sólidos, cuyo objeto principal es llegar a los espesores finales especificados con un mínimo número de manos.</p> <p>PR – E – DEEA – FM – 001 PR – E – DCA – FM - 001</p>	<p>Catálogo de pintura</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura mínima y máxima de trabajo entre 10 y 32 °C. • Manguera para material D.I. 3/8" • Tamaño de boquilla de 0,017 a 0,021" • Presión de salida de 2100 a 2300 psi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de condiciones ambientales. • Control de aplicación mediante la medición de espesores en húmedo. • Medición y nivelación de espesores en seco. • Evaluación de adherencia 	Supervisor Operador

Tabla 3-15. (Continuación) Actividades del procedimiento de preparación y recubrimiento superficial.

8	Aplicación de la tercera capa de recubrimiento externo.	<p>Es una capa de recubrimiento poliuretano alifático que sellan definitivamente el sistema, otorgando el color final y las cualidades estéticas que se desea. Acabado de película delgada y alto brillo, con excepcionales características de desempeño en intemperie.</p> <p>PR – E – DEEA – FM – 001</p> <p>PR – E – DCA – FM - 001</p>	<p>Catálogo de pintura</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura mínima y máxima de trabajo entre 10 y 38 °C. • Humedad de trabajo entre 10 y 85%. • Manguera para material D.I. 3/8" • Tamaño de boquilla de 0,015 a 0,017" • Presión de salida de 2100 a 2400 psi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de condiciones ambientales. • Control de aplicación mediante la medición de espesores en seco. • Medición y nivelación de espesores en seco. • Evaluación de adherencia. 	Supervisor Operador
9	Detección de discontinuidad para la aplicación de pintura.	<p>Se verifica la adecuada adherencia total del sistema de recubrimiento empleado detectando fallas que se deben a una inadecuada pulverización, generalmente sin solapar convenientemente; se produce en lugares con acceso dificultoso para la aplicación del recubrimiento.</p> <p>PR – E – DD – FM - 001</p>	<p>Norma NACE RP 0188</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esponja da baja tensión es alimentada por una batería independiente con tensión de 5 a 90v de CD. • Se aplica a recubrimientos menores a 500um. • 	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de continuidad de la película de pintura. 	Supervisor

Fuente. Autores

3.8. Manual de procedimiento.





MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE 8000 GL DE CAPACIDAD DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) BAJO LAS NORMAS NACE.





PRIMERA EDICIÓN

Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Víctor Lema Rafael Delgado	Ing. Pablo Sinchiguano Director de tesis	Ing. Ramiro Cepeda Asesor de tesis



Historial de revisiones			
Revisión	Fecha	Modificaciones	Razón de la modificación

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.	
	ÍNDICE	
	EDICION: 1	



ÍNDICE	Pag.
INTRODUCCIÓN	70
ALCANCE.....	70
OBJETIVO DEL MANUAL	70
IMPORTANCIA DEL MANUAL.....	70
REFERENCIAS	71
LISTA DE ABREVIACIONES	72
SIMBOLOGÍA.....	73
ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	74
1. CONTROL DE SERVICIOS	75
1.1. OBJETIVO.....	75
1.2. ALCANCE.....	75
1.3. DEFINICIONES.	75
1.4. RESPONSABLES.	75
1.5. PROCESO.....	76
1.6. ACTIVIDADES.....	77
1.7. ANEXOS	77
1.8. REFERENCIA NORMATIVA.....	77
2. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	82
2.1. OBJETIVO.....	82
2.2. ALCANCE.....	82
2.3. DEFINICIONES.	82
2.4. RESPONSABLES.	82
2.5. REFERENCIA NORMATIVA.....	82
2.6. PROCESO.....	83
3. PRUEBA PARA DETERMINAR EL PERFIL DE ANCLAJE.....	84
3.1. OBJETIVO.....	84
3.2. ALCANCE.....	84
3.3. DEFINICIONES.	84
3.4. RESPONSABLES.	84

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.	
	ÍNDICE	
	EDICION: 1	

3.5.	PROCESO.....	85
3.6.	ACTIVIDADES.....	86
3.7.	ANEXOS	86
3.8.	REFERENCIAS NORMATIVAS	86
4.	PRUEBA PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES AMBIENTALES	88
4.1.	OBJETIVO.....	88
4.2.	ALCANCE.....	88
4.3.	DEFINICIONES.	88
4.4.	RESPONSABLES.	88
4.5.	PROCESO.....	89
4.6.	ACTIVIDADES.....	90
4.7.	ANEXOS	90
4.8.	REFERENCIAS NORMATIVAS	90
5.	PRUEBA DE MEDICIÓN DE ESPESORES DE PELÍCULA DE RECUBRIMIENTO	92
5.1.	OBJETIVO.....	92
5.2.	ALCANCE.....	92
5.3.	DEFINICIONES.	92
5.4.	RESPONSABLES.	92
5.5.	PROCESO.....	93
5.6.	ACTIVIDADES.....	94
5.7.	ANEXOS	94
5.8.	REFERENCIAS NORMATIVAS	94
6.	PRUEBA DE MEDICIÓN DE ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO	95
6.1.	OBJETIVO.....	95
6.2.	ALCANCE.....	95
6.3.	DEFINICIONES.	95
6.4.	RESPONSABLES.	95
6.5.	PROCESO.....	96
6.6.	ACTIVIDADES.....	97

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.	
	ÍNDICE	
	EDICION: 1	

6.7.	ANEXOS	97
6.8.	REFERENCIAS NORMATIVAS	97
7.	PRUEBA DE DISCONTINUIDAD O HOLIDAY DETECTOR	100
7.1.	OBJETIVO.....	100
7.2.	ALCANCE.....	100
7.3.	DEFINICIONES.	100
7.4.	RESPONSABLES.	100
7.5.	PROCESO.....	101
7.6.	ACTIVIDADES.....	102
7.7.	ANEXOS	102
7.8.	REFERENCIAS NORMATIVAS	102

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	INTRODUCCIÓN, ALCANCE, OBJETIVO, IMPORTANCIA, REFERENCIAS.		
	EDICION: 1	PAGINA: 1 DE 2	

INTRODUCCIÓN

El presente manual describe el sistema de control de calidad utilizado en la preparación de superficie y aplicación de recubrimientos en un autotanque de GLP. La elaboración de este manual de procedimientos se desarrolla mediante la identificación y estimación de las necesidades que existen en las industrias artesanales que elaboran los autotanques y tener un control en cada uno de los procedimientos.

ALCANCE

Este manual cubre los requisitos que rigen la preparación de superficies y aplicación de recubrimientos para autotanques de gas licuado de petróleo (GLP).

OBJETIVO DEL MANUAL



Este manual ha sido desarrollado para describir la metodología del sistema de control de calidad para la preparación de superficies y aplicación de recubrimientos para autotanques de gas licuado de petróleo (GLP), además ayudar al inspector a cumplir con los procedimientos de una manera idónea y eficiente.

En este manual se incluyen tareas a realizar por parte del inspector, pero con mayor énfasis abarca conocimientos acerca de las complicaciones en la preparación de superficies así como la aplicación de recubrimientos.

IMPORTANCIA DEL MANUAL

La importancia del manual de procedimiento radica en el propósito fundamental de ayuda para el desarrollo de las diferentes actividades que se desarrollan en el día a día por parte de la gerencia, éste debe satisfacer las necesidades existentes en un área de trabajo de una forma ordenada y eficiente.

El manual está desglosado en procesos de operación, lo cual facilita el trabajo en equipo y una mejor disposición de los materiales y recursos a emplear en una actividad específica.

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	INTRODUCCIÓN, ALCANCE, OBJETIVO, IMPORTANCIA, REFERENCIAS.		
	EDICION: 1	PAGINA: 2 DE 2	

REFERENCIAS

SSPC SP1 “Preparación de la superficie de especificaciones No 1. Disolventes de limpieza”

SSPC SP5/NACE1. “Preparación conjunta de superficie estándar. Blanco limpieza a chorro metal”

SSPC SP10/NACE2. “Preparación conjunta de superficie estándar. Casi blanco limpieza a chorro metal”

SSPC PA2 “Medición del espesor del recubrimiento seco con medidores magnéticos”



SSPC VIS 1 “Guía y fotografía de referencia para superficies de acero”

ISO 8502-4 “Orientación sobre la estimación de la probabilidad de la condensación antes de aplicar la pintura”

ASTM D3359 “Métodos de prueba estándar para medir la adhesión mediante prueba de cinta”



NACE RP0188 “Discontinuity (Holiday) Testing of New Protective Coatings on Conductive Substrates” “Prueba de discontinuidad (holiday) de nuevos revestimientos protectores sobre sustratos conductores”

NACE RP0287 “Field Measurement of Surface Profile of Abrasive Blast-Cleaned Steel Surfaces Using a Replica Tape” “Medición de campo del perfil de superficies de acero abrasivas limpiadas con una cinta de réplica”

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	LISTA DE ABREVIACIONES.		
	EDICION: 1	PAGINA: 1 DE 1	



LISTA DE ABREVIACIONES

NACE	Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión
SSPC	Sociedad de Recubrimientos Protectores
ASTM	Asociación Americana de Ensayo de Materiales
ISO	Organización Internacional de Estándares
GLP	Gas Licuado de Petróleo
QC	Control de Calidad
QA	Aseguramiento de la Calidad
END	Ensayo no Destructivos
RE	Recubrimiento
DCA	Determinación de Condiciones Ambientales.
PRS	Preparación y Recubrimiento Superficial
DEEA	Determinación de Espesores Externos de película seca y prueba de Adherencia.
DEIA	Determinación de Espesores Internos de película seca y prueba de Adherencia.
DSE	Determinación de preparación de Superficie Externa.
DSI	Determinación de preparación de Superficie Interna.
DD	Detección de Discontinuidades
PR	Procedimiento
R	Registro
S	Solicitud
A	Autotanque
E	Ensayo
FM	Facultad de Mecánica
FT	Ficha Técnica

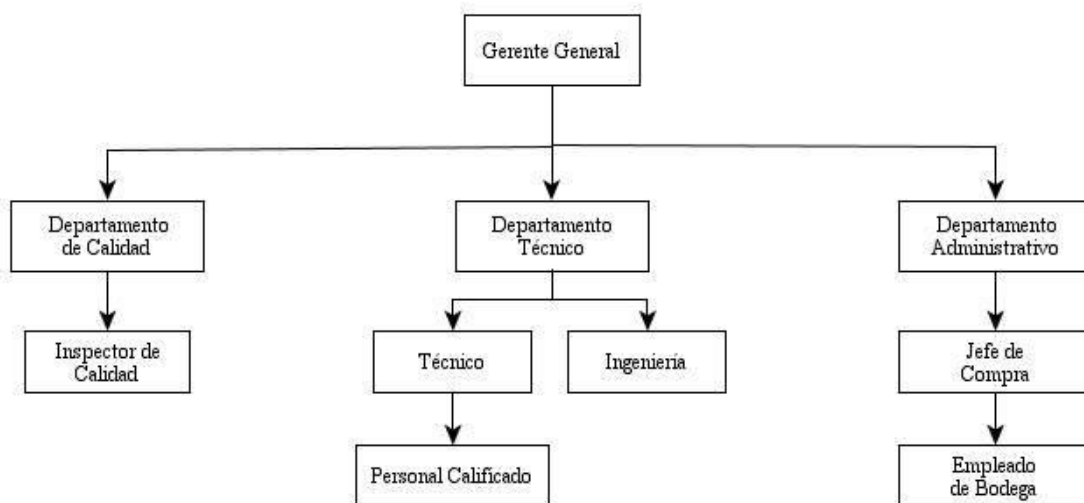
	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	SIMBOLOGÍA		
	EDICION: 1	PAGINA: 1 DE 1	



SIMBOLOGÍA

v	Velocidad	m/s
μm	Micrones	10 ⁻⁶ m
BH	Bulbo Húmedo	°C
HR	Humedad Relativa	%
TS	Temperatura de Superficie	°C
PR	Punto de Roció	°C
V	Volumen de Solidos	%
p	Presión	PSI
RT	Rendimiento Teórico	m ² /gl
RP	Rendimiento Practico Estimado	m ² /gl

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA		
	EDICION: 1	PAGINA: 1 DE 1	

ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	CONTROL DE SERVICIOS		
	EDICION: 1	PAGINA: 1 DE 7	

1. CONTROL DE SERVICIOS

1.1. OBJETIVO.

Describir los procedimientos para el requerimiento de servicio, ficha técnica y plan de actividades destinadas a desarrollarse en la preparación superficial del autotankue.

1.2. ALCANCE.

Los presentes documentos se aplican a cada actividad dentro del autotankue.

1.3. DEFINICIONES.

Solicitud de Servicio. Es un documento en el que un particular solicita a una empresa que realice algún tipo de trabajo o prestación de servicio a su beneficio.

Ficha Técnica. Es un documento u hoja de características que resumen el funcionamiento de un elemento.

Plan de Actividades. Es una herramienta que nos permite ordenar sistemáticamente un proceso de trabajo.


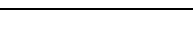
1.4. RESPONSABLES.

Técnico. Prepara y realiza el llenado de la solicitud de servicio y la ficha técnica de recepción.

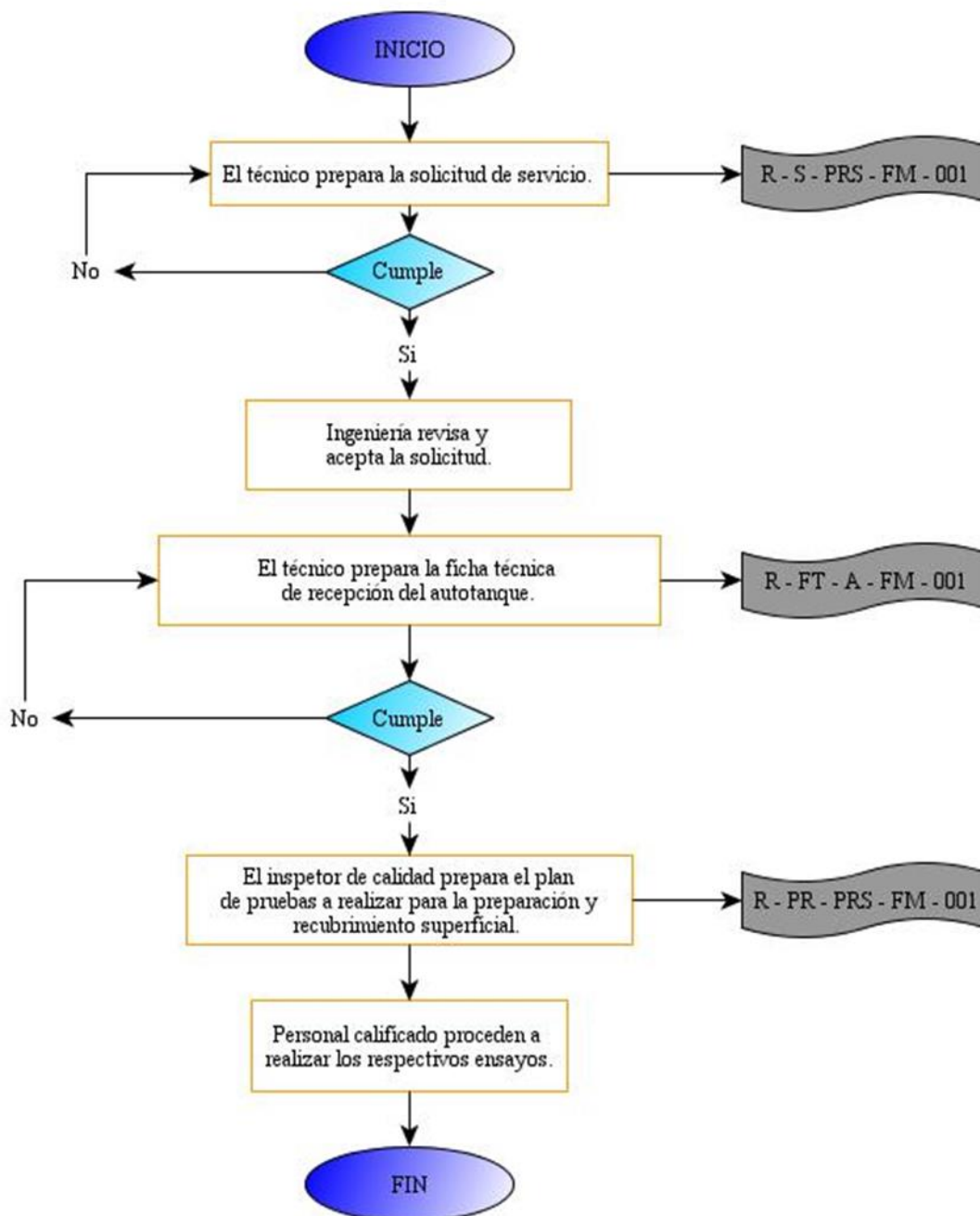
Ingeniería. Revisa y aprueba la vialidad de la solicitud.


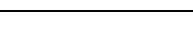
Inspector de calidad. Realiza el plan de actividades y los controles del proceso a desarrollar.

Personal Calificado. Realiza los ensayos programados.

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	CONTROL DE SERVICIOS		
	EDICION: 1	PAGINA: 2 DE 7	

1.5. PROCESO



	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	CONTROL DE SERVICIOS		
	EDICION: 1	PAGINA: 3 DE 7	

1.6. ACTIVIDADES

Nº	Actividad	Responsable	Registro	Observaciones
1	Es el encargado de ayudar al cliente con la solicitud de servicio que desea y es el responsable de preparar la ficha técnica verificando que el autotank y todos sus accesorios estén dentro de la aceptación de las normas.	Técnico	R – RS – PRS – FM - 001 R – FT – A – FM - 001	
2	Es el responsable que investiga en las normas vigentes, todos los datos técnicos que debe cumplir el trabajo de limpieza y preparación superficial.	Ingeniería	Revisión de normas	
3	Verifica todos los detalles del proyecto a desarrollar, también es el responsable del cumplimiento y aprobación de los ensayos realizados.	Inspector de calidad.	R – PR – PRS – FM - 001	
4	Son los encargados de realizar las actividades y ensayos propuestos para el autotank.	Personal calificado.	Revisar actividades del proceso.	

1.7. ANEXOS



ANEXO 1. Modelo de formato para la solicitud de servicios de preparación y recubrimiento superficial.

ANEXO 2. Modelo de formato para la recepción del autotank.

ANEXO 3. Modelo de formato para el plan de procedimiento de preparación y recubrimiento superficial.

1.8. REFERENCIA NORMATIVA

No aplica

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	CONTROL DE SERVICIOS		
	EDICION: 1	PAGINA: 4 DE 7	

ANEXO 1. Modelo de formato para la solicitud de servicios de preparación y recubrimiento superficial.

	TÍTULO: MODELO DE SOLICITUD DE SERVICIOS DE PREPARACIÓN Y RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL		
SUSTITUYE A:		RAZÓN DE REVISIÓN:	
CÓDIGO:	R – S- PRS- FM - 001	No REVISIÓN:	

SOLICITUD DE SERVICIO N°- 01

FECHA:



ATENCIÓN:

Por medio de la presente solicito a usted la realización de preparación y recubrimiento superficial, cuyos datos se adjuntan a continuación.

DATOS DEL MATERIAL	
Nombre del Material	
Número de muestra	
Color de las muestra	
Utilización del material	
DATOS DE LA EMPRESA	
Nombre de la Empresa	
Representante legal	
Técnico responsable de la Empresa	
Teléfono	
ALCANCE DE EVALUACIÓN DE PREPARACIÓN Y RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIAL	
El alcance de la evaluación es cotejar si el material cumple o no con los grados de limpieza.	
Normas de limpieza	Especificación

Seguros de contar con la atención inmediata a nuestro requerimiento, le anticipamos nuestro agradecimiento.

.....
 REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	CONTROL DE SERVICIOS		
	EDICION: 1	PAGINA: 5 DE 7	



ANEXO 2. Modelo de formato para la recepción del autotanque.

	TÍTULO: MODELO DE FICHA TÉCNICA DE RECEPCIÓN DEL AUTOTANQUE		
SUSTITUYE A:		RAZÓN DE REVISIÓN:	
CÓDIGO:	R – FT – A- FM – 001	No REVISIÓN:	

FICHA TÉCNICA N°- 01

DATOS DEL AUTOTANQUE												
Nombre del Material												
Diámetro interior												
Longitud total												
Presión del diseño												
Capacidad												
Peso teórico												
Espesor de placa cuerpo												
Espesor de placa cabezas												
Entrada de hombre												
Servicio												
DATOS DE LA EMPRESA												
Nombre de la Empresa												
Representante legal												
Técnico responsable de la Empresa												
Teléfono												
Zona de localización Observaciones: Presencia de agujeros. Problemas de soldadura. Problemas en la escalera. Problemas con manhole. Válvulas de descarga en buen estado. Válvulas de seguridad en buen estado.					A	B	C	D	E			
					Si	No	Si	No	Si	No	Si	No

.....
REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	CONTROL DE SERVICIOS		
	EDICION: 1	PAGINA: 6 DE 7	

ANEXO 3. Modelo de formato de pruebas a realizar para el recubrimiento superficial.

	TÍTULO: FORMATO DE PRUEBAS A REALIZAR PARA EL RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL		
SUSTITUYE A:		RAZÓN DE REVISIÓN:	
CÓDIGO:	R – PR – PRS – FM – 001	No REVISIÓN:	

Plan de Evaluación N°-.....

Fecha:

Razón social de la empresa	
Dirección de la empresa	
Representante legal de la empresa	
Teléfono	

EQUIPO TÉCNICO:



El equipo técnico está integrado por: Técnico:

Asistente:

Tabla 1. Procedimiento a realizar.



ENSAYO	NORMA	ENSAYO A REALIZAR
Medición de perfil de anclaje	NACE RP0287	
Control de las condiciones ambientales	ISO 8502-4	
Medición de espesor de película seca.	SSPC PA2	
Prueba de adherencia	ASTM D3359	
Prueba de discontinuidades	NACE RP 0188	

Fuente: Autores.

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	CONTROL DE SERVICIOS		
	EDICION: 1	PAGINA: 7 DE 7	

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	DÍA	HORA
Recepción del autotankue		
Ensayo		
Entrega de resultados		
<p>COMPROMISO: La empresa solicitante del servicio se compromete a cancelar el costo del mismo de acuerdo a los valores establecidos mediante el convenio.</p> <p>.....</p> <p>REPRESENTANTE LEGAL EMPRESA (SELLO)</p>		

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS		
	EDICION: 1	PAGINA: 1 DE 22	

2. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

2.1. OBJETIVO.

La finalidad de estos ensayos es determinar errores en la preparación superficial y aplicación de recubrimientos.

Los procesos empleados en los métodos de ensayos no destructivos (END) permiten el 100% del control en la producción, obteniendo un nivel y aseguramiento de la calidad adecuada.

2.2. ALCANCE.

La empresa es la indicada para realizar todos los ensayos no destructivos o por subcontratistas calificados, las calibraciones de los equipos así como los procedimientos y registros de los ensayos debe ser revisado por el Jefe de Calidad.

2.3. DEFINICIONES.

Ensayos no Destructivos. Son herramientas fundamentales en el Control de Calidad o Garantía de Calidad de materiales, recubrimientos, soldaduras, equipos, piezas o partes, verificación de montajes, desarrollo de procesos y para la investigación.


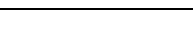
2.4. RESPONSABLES.

Inspector de Calidad: Aprueba y realiza el reporte del ensayo.

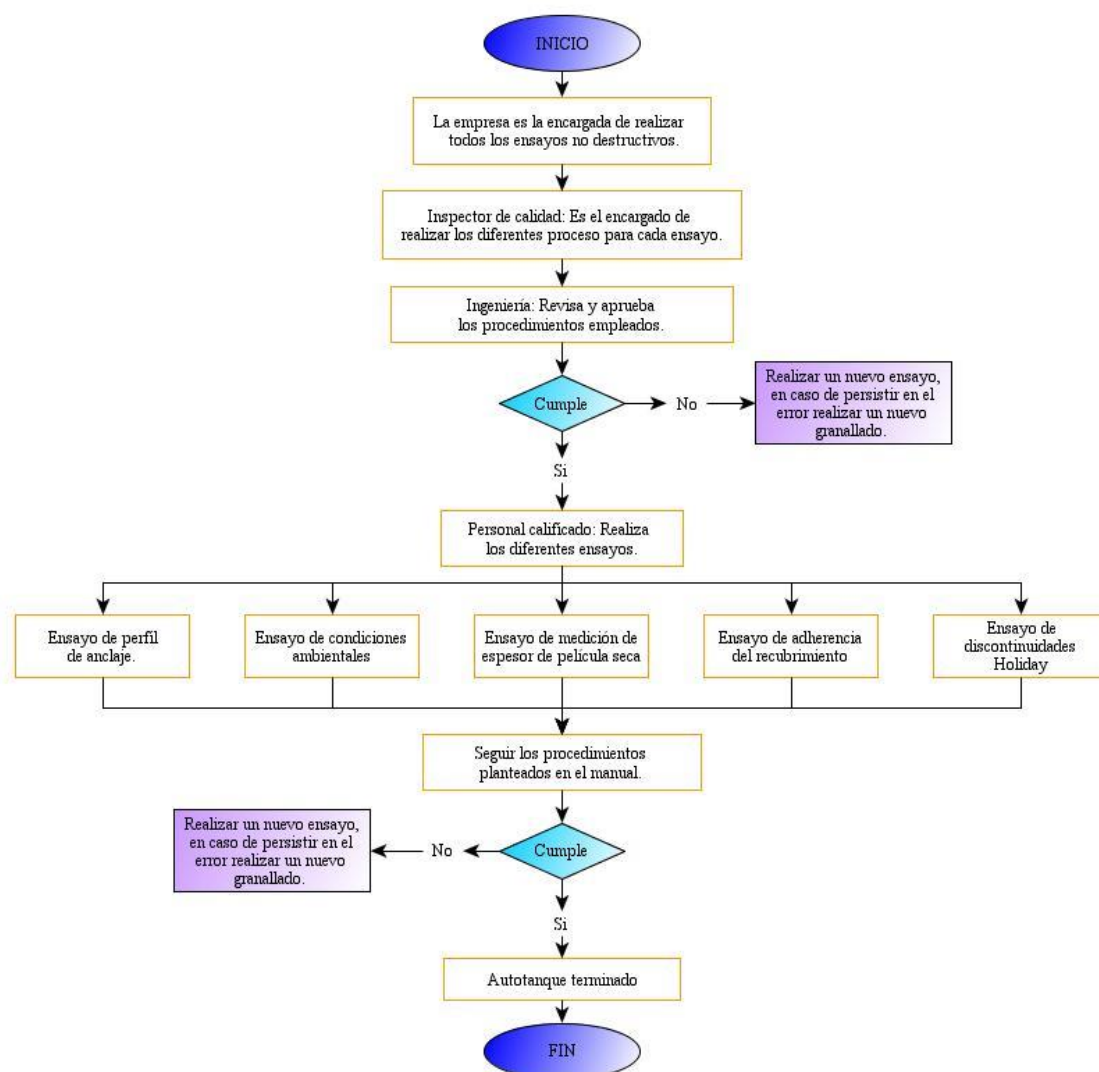
Personal Calificado: Encargado de realizar el ensayo.



2.5. REFERENCIA NORMATIVA

No aplica

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS		
	EDICION: 1	PAGINA: 2 DE 22	

2.6. PROCESO



	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA PARA DETERMINAR EL PERFIL DE ANCLAJE		
	EDICION: 1	PAGINA: 3 DE 22	

3. PRUEBA PARA DETERMINAR EL PERFIL DE ANCLAJE

3.1. OBJETIVO.

Describir un procedimiento para la medición del perfil superficial de superficies de acero abrasivo limpiados por abrasión que tienen un perfil de superficie entre 38 y 114 μm (1,5 – 4,5 mils).

3.2. ALCANCE.

Este procedimiento describe en forma general los métodos y especificaciones del ensayo del perfil de anclaje para determinar la correcta rugosidad de la superficie.

3.3. DEFINICIONES.

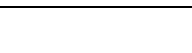
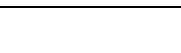
Granallado: Es la operación de propulsar a alta presión un fluido, que puede ser agua o aire, o una fuerza centrífuga con fuerza abrasiva, contra una superficie para alisarla o eliminar materiales contaminantes.

El perfil de anclaje: Es el grado de rugosidad que posee una superficie. El perfil de anclaje se basa en una teoría acerca de la formación de valles y crestas en la superficie de un metal, una vez que es pulido mediante la acción de un medio de limpieza.

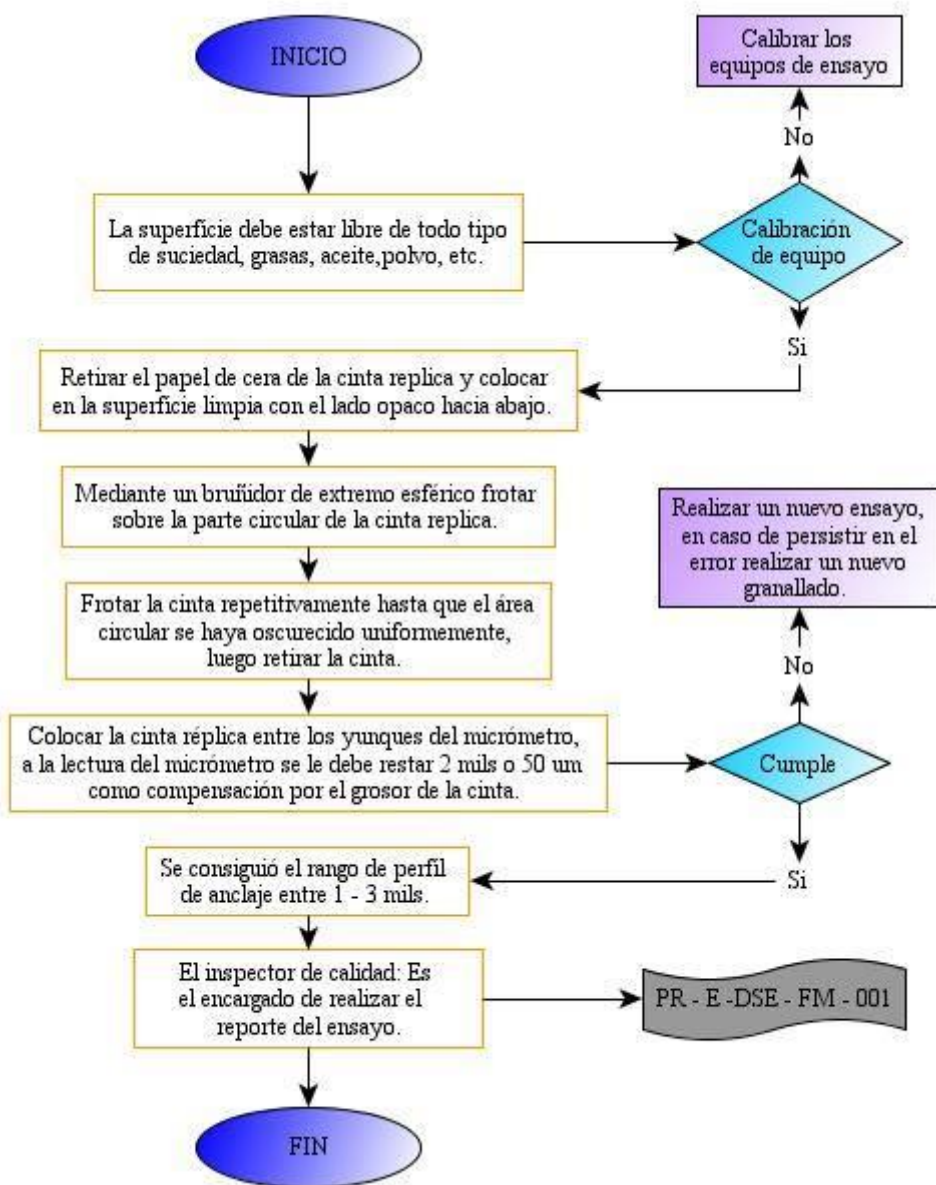
3.4. RESPONSABLES.



Inspector de Calidad. Aprueba y realiza el reporte del ensayo.

Personal Calificado. Encargado de realizar el ensayo.

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA PARA DETERMINAR EL PERFIL DE ANCLAJE		
	EDICION: 1	PAGINA: 4 DE 22	

3.5. PROCESO



	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA PARA DETERMINAR EL PERFIL DE ANCLAJE		
	EDICION: 1	PAGINA: 5 DE 22	

3.6. ACTIVIDADES



Nº	Actividad	Responsable	Registro	Observaciones
1	Retira el papel de cera de la cinta réplica y la coloca en la superficie.	Personal Calificado		
2	Mediante un bruñidor de extremo esférico frota sobre la parte circular de la cinta hasta que se haya oscurecido.			
3	Retira la cinta y toma la lectura de la medida de la cinta réplica mediante un micrómetro.			
4	Aprueba y realiza el reporte del ensayo.	Inspector de Calidad	PR – E – DSE – FM – 001	

3.7. ANEXOS

ANEXO 4. Modelo de formato para la inspección de superficie.



3.8. REFERENCIAS NORMATIVAS

Norma NACE RP 0287. Medición de campo del perfil de anclaje de superficies de acero abrasivas limpiadas mediante una cinta de réplica.

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA PARA DETERMINAR EL PERFIL DE ANCLAJE		
	EDICION: 1	PAGINA: 6 DE 22	

ANEXO 4. Modelo de formato para la inspección de superficie.

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ				
	REGISTRO DE INSPECCIÓN DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE				
INFORMACIÓN GENERAL					
Solicitante			Código		
Proyecto					
Fecha de registro			No. Revisión		
Lugar de realización					
Elaborado por			Revisado por		
PARAMETROS DE PREPARACION DE SUPERFICIE					
Sistema de limpieza					
Perfil de anclaje obtenido	X ₁	X ₂	Temperatura del material		
Instrumento de medición					
Inspección de superficie finalizada.					
Resultado de la inspección					
Ítems a inspeccionar					
Conclusiones: _____ _____ _____					

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES AMBIENTALES		
	EDICION: 1	PAGINA: 7 DE 22	

4. PRUEBA PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES AMBIENTALES

4.1. OBJETIVO.

Establecer la estimación de la probabilidad de condensación en una superficie a recubrir, es decir, si las condiciones en el lugar de trabajo son adecuadas para aplicar el recubrimiento o no.

4.2. ALCANCE.

Este procedimiento describe en forma general los métodos y especificaciones del ensayo de condiciones ambientales idóneas para el proceso de pintado aplicable a cada capa de recubrimiento.

4.3. DEFINICIONES.

Temperatura de superficie. Temperatura a la que se encuentra la probeta.

Temperatura Ambiente. Temperatura a la que se encuentra el ambiente en ese momento.



Humedad Relativa. Es la cantidad de agua o vapor de agua que está presente en la superficie o el interior de un cuerpo o en el aire.

Punto de rocío: Temperatura a la que empieza a condensar el vapor de agua contenido en el aire.

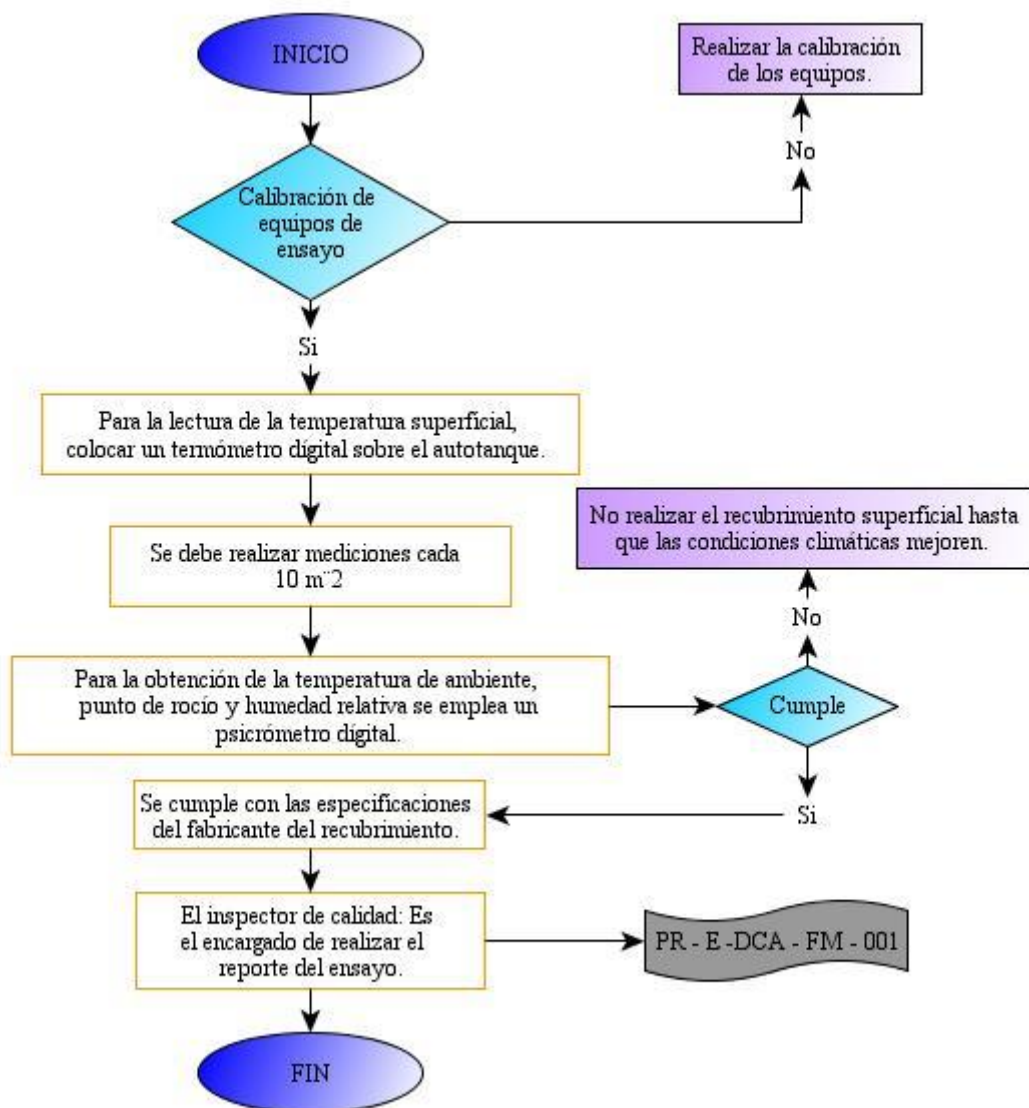
4.4. RESPONSABLES.



Inspector de Calidad. Aprueba y realiza el reporte del ensayo.

Personal Calificado. Encargado de realizar el ensayo.

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES AMBIENTALES		
	EDICION: 1	PAGINA: 8 DE 22	

4.5. PROCESO



	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES AMBIENTALES		
	EDICION: 1	PAGINA: 9 DE 22	

4.6. ACTIVIDADES



Nº	Actividad	Responsable	Registro	Observaciones
1	Para la temperatura superficial se coloca el termómetro magnético sobre el autotank y realizan mediciones cada 10 m².	Personal Calificado		
2	Para la temperatura de ambiente, punto de rocío y humedad relativa emplea un psicrómetro digital.			
3	Toma la medida del termómetro y del psicrómetro y la compara con las temperaturas solicitada por el fabricante del recubrimiento.		Realizar tabla de comparación (Ver tabla 4 – 3)	
4	Aprueba y realiza el reporte del ensayo.	Inspector de Calidad	PR – E – DCA – FM – 001	

4.7. ANEXOS


ANEXO 5. Modelo de formato para el registro de condiciones ambientales.

4.8. REFERENCIAS NORMATIVAS

Norma ISO 8502-4. Orientación sobre la estimación de la probabilidad de la condensación antes de aplicar la pintura.

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES AMBIENTALES		
	EDICION: 1	PAGINA: 10 DE 22	

ANEXO 5. Modelo de formato para el registro de Condiciones Ambientales.

 <div style="text-align: center;"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ </div> 							
REGISTRO DE PARAMETROS DE CONDICIONES AMBIENTALES							
INFORMACIÓN GENERAL							
Solicitante				Código			
Proyecto				Lugar de realización			
PARAMETROS PRINCIPALES							
Equipo				Especificación técnica			
Perfil de anclaje				Áreas de verificación			
Indicadores de clima				Temperatura Ambiente			
Tipo de actividad							
REGISTRO							
Fecha	Hora	Actividad	Recubrimiento aplicado	TA (°C)	HR (%)	TS (°C)	PR (°C)
Conclusiones: _____							

ELABORADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

REVISADO POR:

Nombre:

Firma



Fecha:

APROBADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA DE MEDICIÓN DE ESPESORES DE PELÍCULA DE RECUBRIMIENTO		
	EDICION: 1	PAGINA: 11 DE 22	

5. PRUEBA DE MEDICIÓN DE ESPESORES DE PELÍCULA DE RECUBRIMIENTO

5.1. OBJETIVO.

Establecer el espesor de película en un área extendida con los niveles mínimos y máximos especificados.

5.2. ALCANCE.

Este proceso describe en forma general los métodos y especificaciones del ensayo de medición de espesores de película seca acorde a cada capa del sistema de pintado especificado por el fabricante del recubrimiento.

5.3. DEFINICIONES.

Recubrimiento: Es un material que es depositado sobre la superficie de un objeto, por lo general denominado sustrato.

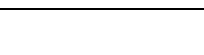
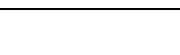
Disolvente: Sustancia o líquido capaz de disolver un cuerpo u otra sustancia.

Espesor de película. Son capas de pintura sobre una superficie que cuando se seca se convierte en una película sólida sobre dicha superficie.

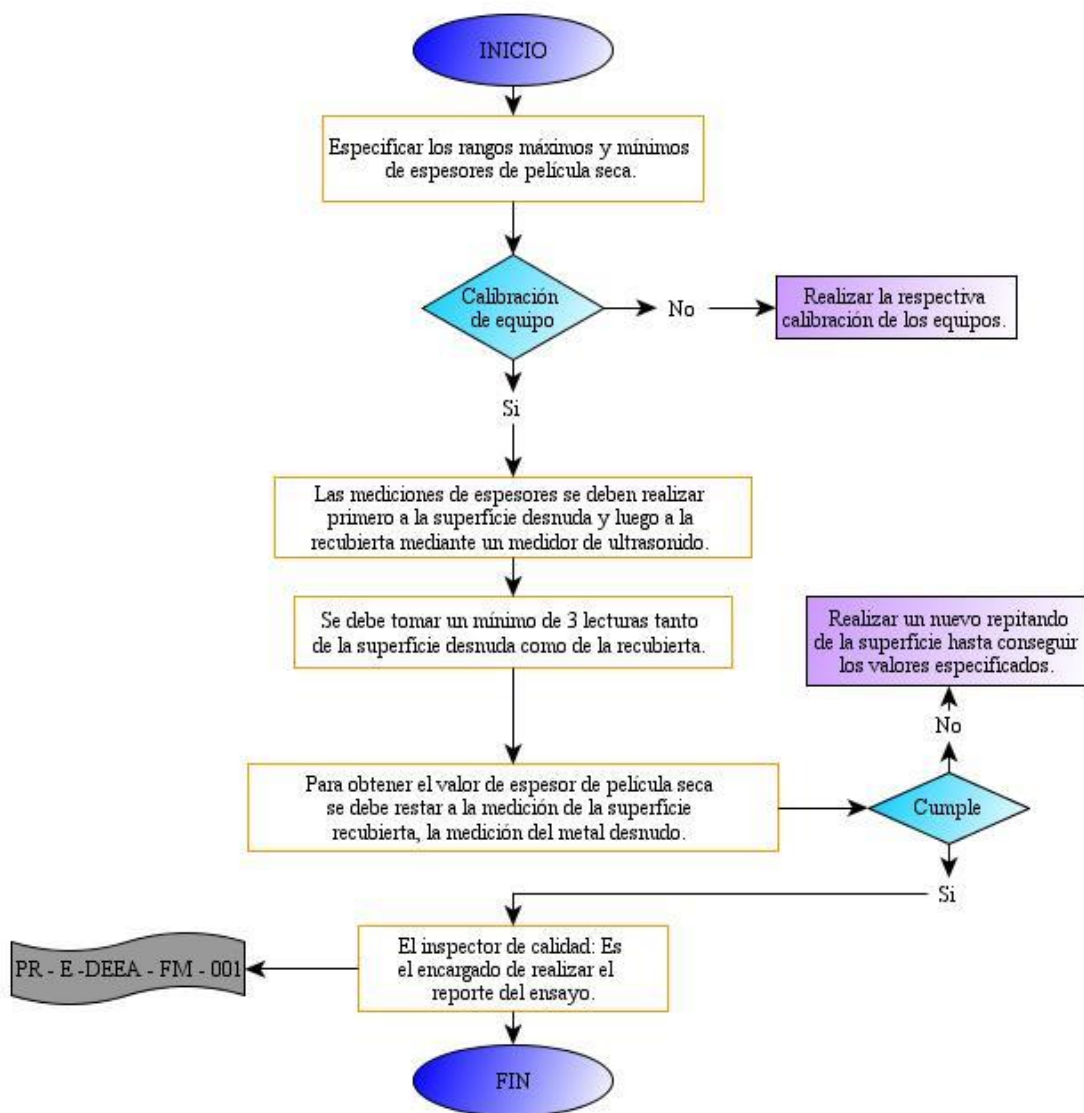
5.4. RESPONSABLES.

Inspector de Calidad. Aprueba y realiza el reporte del ensayo.

Personal Calificado. Encargado de realizar el ensayo.

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA DE MEDICIÓN DE ESPESORES DE PELÍCULA DE RECUBRIMIENTO		
	EDICION: 1	PAGINA: 12 DE 22	

5.5. PROCESO



	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA DE MEDICIÓN DE ESPESORES DE PELÍCULA DE RECUBRIMIENTO		
	EDICION: 1	PAGINA: 13 DE 22	

5.6. ACTIVIDADES



Nº	Actividad	Responsable	Registro	Observaciones
1	Mide el espesor de la superficie desnuda y luego con el recubrimiento.	Personal Calificado		
2	Toman un mínimo de tres lecturas para cada medición.			
3	Al valor de la medida de la superficie con recubrimiento le restan la medida de la superficie desnuda para obtener el espesor de película.			
4	Aprueba y realiza el reporte del ensayo.	Inspector de Calidad	PR – E – DEEA – FM – 001	

5.7. ANEXOS

Anexo 6. Modelo de formato para la medición de espesores de recubrimiento y prueba de adherencia.

5.8. REFERENCIAS NORMATIVAS

Norma SSPC PA2. Medición del espesor del recubrimiento seco con medidores magnéticos.

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA DE MEDICIÓN DE ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO		
	EDICION: 1	PAGINA: 14 DE 22	

6. PRUEBA DE MEDICIÓN DE ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO

6.1. OBJETIVO.

Evaluar la adhesión de películas de recubrimiento a sustratos metálicos aplicando y eliminando la cinta sensible a la presión sobre los cortes hechos en la película de recubrimiento.

6.2. ALCANCE.

Este proceso describe en forma general los métodos y especificaciones del ensayo de adherencia del recubrimiento seco, aplicable para cada capa del sistema de pintado para verificar la correcta adherencia del recubrimiento.

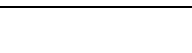
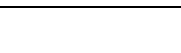
6.3. DEFINICIONES.

Adherencia del recubrimiento. Es la fuerza de enlace existente entre una película seca y el sustrato sobre el que se encuentra aplicada.

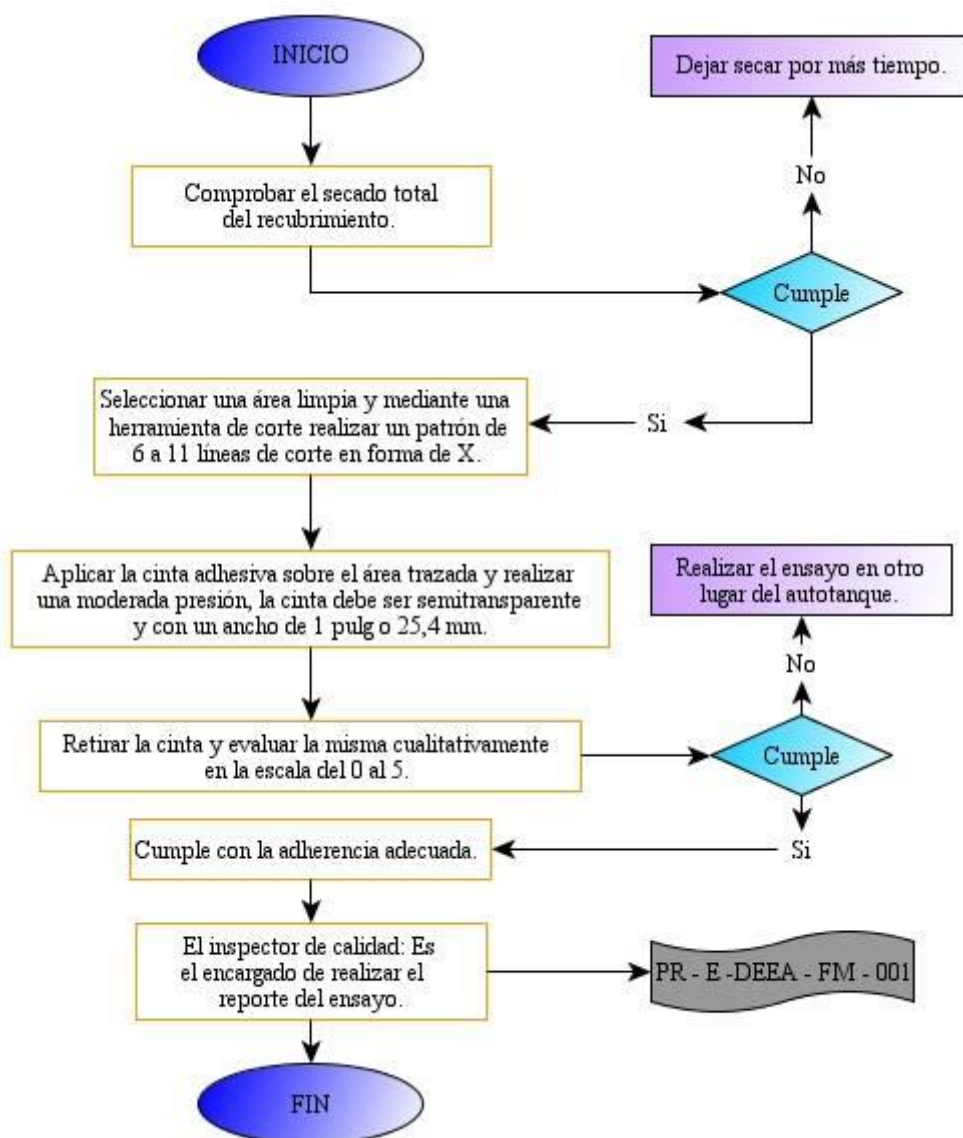
6.4. RESPONSABLES.

Inspector de Calidad. Aprueba y realiza el reporte del ensayo.

Personal Calificado. Encargado de realizar el ensayo.

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA DE MEDICIÓN DE ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO		
	EDICION: 1	PAGINA: 15 DE 22	

6.5. PROCESO



	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA DE MEDICIÓN DE ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO		
	EDICION: 1	PAGINA: 16 DE 22	

6.6. ACTIVIDADES



Nº	Actividad	Responsable	Registro	Observaciones
1	Realizan un corte de 6 a 11 líneas en forma de X sobre un área limpia.	Personal Calificado		
2	Aplican la cinta adhesiva sobre el área trazada con una moderada presión.			
3	Retiran y evalúan la adherencia del recubrimiento en la cinta cualitativamente en la escala del 0 al 5.			
4	Aprueba y realiza el reporte del ensayo.	Inspector de Calidad	PR – E – DEEA – FM – 001	

6.7. ANEXOS

Anexo 6. Modelo de formato para la medición de espesores de recubrimiento y prueba de adherencia.


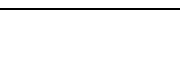
6.8. REFERENCIAS NORMATIVAS

Norma ASTM D3359. Métodos de prueba estándar para medir la adhesión mediante prueba de cinta.

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA DE MEDICIÓN DE ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO		
	EDICION: 1	PAGINA: 17 DE 22	

Anexo 6. Modelo de formato para la medición de espesores de recubrimiento y prueba de adherencia.

		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ			
REGISTRO DE MEDICIÓN DE ESPESORES DE RECUBRIMIENTO Y PRUEBA DE ADHERENCIA					
INFORMACIÓN GENERAL					
Solicitante				Código	
Proyecto					
Fecha de registro				No. Revisión	
Lugar de realización					
Elaborado por				Revisado por	
PARAMETROS DE APLICACIÓN DE LA CAPA DE RECUBRIMIENTO – CUERPO EXTERNO					
Sistema de pintado				Especificación técnica	
Marca de pintura		Recubrimiento comercial			
Instrumento de medida de película húmeda		Instrumento de medida de película seca			
Espesor controlar (5,6 – 6 mils)	Mínimo			Método de aplicación	
	Máximo			Repintando	
RECOLECCIÓN DE DATOS – CUERPO LATERAL					
Muestra 1	X ₁	\bar{X}_1			
	X ₂				
	X ₃				
Muestra 2	X ₁	\bar{X}_2			
	X ₂				
	X ₃				
Muestra 3	X ₁	\bar{X}_3			
	X ₂				
	X ₃				
Muestra 4	X ₁	\bar{X}_4			
	X ₂				
	X ₃				

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA DE MEDICIÓN DE ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO		
	EDICION: 1	PAGINA: 18 DE 22	

Anexo 6. (Continuación) Modelo de formato para la medición de espesores de recubrimiento y prueba de adherencia.

Muestra 5	X ₁ X ₂ X ₃	\bar{X}_5	
Total	$\bar{\bar{X}}_{total}$		
RECOLECCIÓN DE DATOS – CASQUETE			
Muestra 1	X ₁ X ₂ X ₃	\bar{X}_1	
Muestra 2	X ₁ X ₂ X ₃	\bar{X}_2	
Muestra 3	X ₁ X ₂ X ₃	\bar{X}_3	
Promedio total			
PRUEBA DE ADHERENCIA – CUERPO EXTERNO			
Especificación		Espesor de capa en seco	
Equipo de medición			
Muestra de adherencia			
<p>Conclusiones: _____</p> <p>_____</p>			

ELABORADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

REVISADO POR:

Nombre:

Firma



Fecha:

APROBADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA DE DISCONTINUIDAD O HOLIDAY DETECTOR		
	EDICION: 1	PAGINA: 19 DE 22	

7. PRUEBA DE DISCONTINUIDAD O HOLIDAY DETECTOR

7.1. OBJETIVO.

Proporcionar procedimientos para ensayos de esponjas húmedas de bajo voltaje sobre sustratos conductores y efectuar ensayos eléctricos para comprobar la presencia y el número de discontinuidades que existe en la película de recubrimiento sobre una superficie conductora.

7.2. ALCANCE.

Este procedimiento describe en forma general los métodos y especificaciones del ensayo de las discontinuidades Holiday, para determinar la presencia de burbujas en el sistema de pintado terminado.

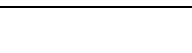
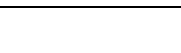
7.3. DEFINICIONES.

Discontinuidad. Es la falta de continuidad durante la aplicación del recubrimiento que luego se forman pequeñas burbujas de aire.

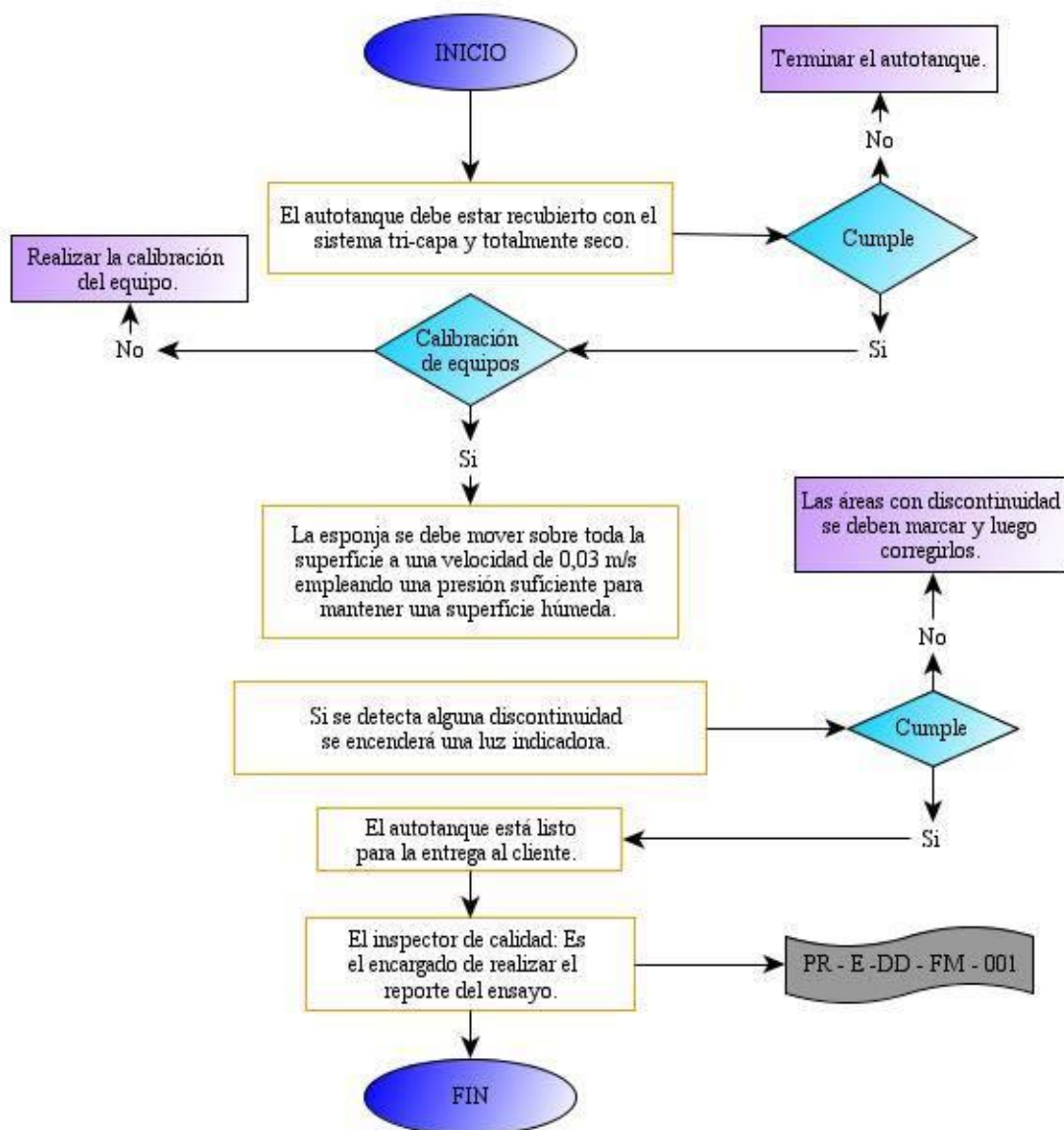
7.4. RESPONSABLES.



Inspector de Calidad. Aprueba y realiza el reporte del ensayo.

Personal Calificado. Encargado de realizar el ensayo.

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA DE DISCONTINUIDAD O HOLIDAY DETECTOR		
	EDICION: 1	PAGINA: 20 DE 22	

7.5. PROCESO



	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA DE DISCONTINUIDAD O HOLIDAY DETECTOR		
	EDICION: 1	PAGINA: 21 DE 22	

7.6. ACTIVIDADES


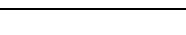
Nº	Actividad	Responsable	Registro	Observaciones
1	Mueven la esponja húmeda sobre toda la superficie del autotank a una velocidad de 0,03 m/s.	Personal Calificado		
2	Realizan las correcciones de las discontinuidades encontradas			
4	Aprueba y realiza el reporte del ensayo.	Inspector de Calidad	PR – E – DD – FM – 001	

7.7. ANEXOS

ANEXO 7. Modelo de formato para la prueba de detección de discontinuidades Holiday Detector

7.8. REFERENCIAS NORMATIVAS

Norma NACE RP0188. Discontinuidad (Holiday) Prueba de nuevos revestimientos protectores en los substratos conductores.

	MANUAL DEL PROCEDIMIENTO CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE PINTURA PARA UN AUTOTANQUE DE GLP.		
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBA DE DISCONTINUIDAD O HOLIDAY DETECTOR		
	EDICION: 1	PAGINA: 22 DE 22	

ANEXO 7. Modelo de formato para la prueba de detección de discontinuidades Holiday Detector.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ </div>  </div>						
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE RECUBRIMIENTO POR HOLIDAY DETECTOR						
INFORMACIÓN GENERAL						
Solicitante				Código		
Proyecto				Lugar de realización		
PARAMETROS PRINCIPALES						
Equipo				Especificación técnica		
REGISTRO						
Fecha	Hora	Equipo utilizado	Localización	Resultado de inspección	Sistema de recubrimiento	Resultado de la inspección
Conclusiones: _____						

ELABORADO POR:		REVISADO POR:		APROBADO POR:		
Nombre:		Nombre:		Nombre:		
Firma		Firma		Firma		
Fecha:		Fecha:		Fecha:		

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En este ítem se analizarán los resultados obtenidos de cada prueba realizada como son:

- Prueba de perfil de anclaje.
- Prueba de condiciones ambientales
- Prueba de medición de espesores de recubrimiento
- Prueba de adherencia.
- Prueba de discontinuidad Holiday

A cada prueba del control de espesor se le efectuó un análisis de capacidad mediante el empleo de el índice Cpk, para determinar si los procesos realizados son adecuados.

A la medición de espesores de cada capa se le efectuaron los debidos cálculos con las fórmulas dada para la varianza y la desviación estandar obteniendo así los valores que fueron empleados en la obtención del Cpk. Tambien se empleó las gráficas de campana de Gauss para determinar si el proceso se encuentra centrado o incurre en alguna anomalía para ello se fijaron los límites reales y específicos.

Con los datos obtenidos se logrará determinar si los procedimientos empleados cumplen con lo establecido por el sistema de pintado, las normas y especificaciones técnicas de los recubrimientos utilizados.

El uso de tablas comparativas ayudaron a registrar de una mejor forma las temperaturas ambientales de trabajo con las temperaturas especificada por el fabricante del recubrimiento como son: temperatura ambiental, temperatura de superficie, humedad relativa y punto de rocío.

Cuando se obtenga el resultado de cada ensayo que esten en conformidad a lo establecido por las normas y fichas técnicas se emitirá una respectiva conclusión, en caso de que el resultado no este acorde a lo especificado por las normativas se realizará una corrección de las pruebas y emitirá una conclusión del error o falla cometida en el ensayo.

4.1. Formato para la solicitud de servicios de preparación y recubrimiento superficial.

	TÍTULO: MODELO DE SOLICITUD DE SERVICIOS DE PREPARACIÓN Y RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL		
SUSTITUYE A:		RAZÓN DE REVISIÓN:	
CÓDIGO:	R – S- PRS- FM - 001	No REVISIÓN:	

SOLICITUD DE SERVICIO N°- 01

FECHA: 8 de Febrero del 2017

ATENCIÓN:

Por medio de la presente solicito a usted la realización de preparación y recubrimiento superficial, cuyos datos se adjuntan a continuación.

DATOS DEL MATERIAL	
Nombre del Material	Acero SA-516-70
Número de muestra	1
Color de las muestra	Gris
Utilización del material	Autotanque
DATOS DE LA EMPRESA	
Nombre de la Empresa	Agip Oil Ecuador
RUC	
Representante legal	
Técnico responsable de la Empresa	
Teléfono	(02) 250-1502
ALCANCE DE EVALUACIÓN DE PREPARACIÓN Y RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIAL	
El alcance de la evaluación es cotejar si el material cumple o no con los grados de limpieza realizados.	
Normas de limpieza SSPC-SP1 NACE 4 NACE 2	Especificación Limpieza con solventes Limpieza mecánica Granallado mineral

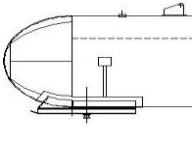
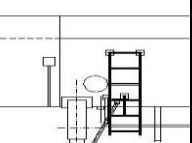
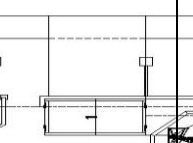
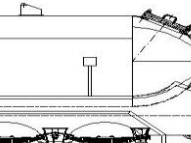
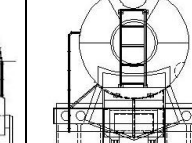
Seguros de contar con la atención inmediata a nuestro requerimiento, le anticipamos nuestro agradecimiento.

.....
REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA

4.2. Formato de la ficha técnica para la recepción del autotanque.

	TÍTULO: MODELO DE FICHA TÉCNICA DE RECEPCIÓN DEL AUTOTANQUE		
	SUSTITUYE A: CÓDIGO:	RAZÓN DE REVISIÓN: No REVISIÓN:	
	R – FT – A- FM – 001		

FICHA TÉCNICA N°- 01

DATOS DEL AUTOTANQUE											
Nombre del Material		Acero SA-510-70									
Diámetro interior		1,8763m									
Longitud total		9,702									
Presión del diseño		250 PSI									
Capacidad		8000 GLP									
Peso teórico		6812,50 kg									
Espesor de placa cuerpo		12,7 mm									
Espesor de placa cabezas		7,9375 mm									
Entrada de hombre		Si									
Servicio		Gas Licuado de Petróleo (GLP)									
DATOS DE LA EMPRESA											
Nombre de la Empresa		Agip Oíl Ecuador									
RUC											
Representante legal											
Técnico responsable de la Empresa											
Teléfono		(02) 250-1502									
E- Mail											
    											
Zona de localización		A		B		C		D		E	
Observaciones:		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
Presencia de agujeros.			X		X		X		X		X
Problemas de soldadura.			X		X		X		X		X
Problemas en la escalera.					X						X
Problemas con manhole.									X		X
Válvulas de descarga en buen estado.				X							
Válvulas de seguridad en buen estado.								X		X	

REPRESENTANTE LEGAL DE LA EMPRESA

4.3. Modelo de formato de pruebas a realizar para el recubrimiento superficial.

	TÍTULO: FORMATO DE PRUEBAS A REALIZAR PARA EL RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL		
SUSTITUYE A:		RAZÓN DE REVISIÓN:	
CÓDIGO:	R – PR – DSE – FM – 001	No REVISIÓN:	

Plan de Evaluación N°-.....

Fecha: 9 de Febrero del 2017

Razón social de la empresa	Agip Oíl Ecuador
Dirección de la empresa	Diego de Almagro N3248, Edif. Ibm, Piso 2
Ruc	
Representante legal de la empresa	
Teléfono	(02) 250-1502

EQUIPO TÉCNICO:

El equipo técnico está integrado por: Técnico:

Asistente:

Tabla 4-1. Procedimiento a realizar.

ENSAYO	NORMA	ENSAYO A REALIZAR
Medición de perfil de anclaje	NACE RP0287	X
Control de las condiciones ambientales	ISO 8502-4	
Medición de espesor de película seca.	SSPC PA2	
Prueba de adherencia	ASTM D3359	
Prueba de discontinuidades	NACE RP 0188	

Fuente: Autores.

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	DÍA	HORA
Recepción del autotankue	09/02/17	09:00
Ensayo	10/02/17	10:00
Entrega de resultados	14/02/17	16:00
COMPROMISO: La empresa solicitante del servicio se compromete a cancelar el costo del mismo de acuerdo a los valores establecidos mediante el convenio.		
.....		
REPRESENTANTE LEGAL EMPRESA (SELLO)		

4.4. Resultados y análisis del perfil de anclaje según la norma NACE RP 0287.

4.4.1. Registro de la prueba de perfil de anclaje a la superficie externa del autotank.

		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ			
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE EXTERNA					
INFORMACIÓN GENERAL					
Solicitante	AGIP OIL ECUADOR		Código	PR – E – DSE – FM - 001	
Proyecto	Autotank de 8000 gl. de capacidad de Gas Licuado de Petróleo.				
Fecha de registro	9 de Febrero del 2017		No. Revisión		
Lugar de realización	Taller				
Elaborado por	Rafael Delgado – Víctor Lema		Revisado por	Ing.	
PARAMETROS DE PREPARACION DE SUPERFICIE EXTERNO					
Sistema de limpieza	Limpieza inicial: Limpieza con solventes SSPC-SP1 Limpieza mecánica NACE 4		Limpieza intermedia: Granallado grado NACE 1 o NACE 2		Limpieza final: Lavado con agua pura
Perfil de anclaje obtenido	1,5 mils	2,5 mils	Temperatura del material	21 °C	
Instrumento de medición	Cinta replica PRESS O FILM Rango 1,5 a 4,5 mils.				
Inspección de superficie finalizada.	Aceptado				
Resultado de la inspección	SSPC – SP10 Grado A				
Ítems a inspeccionar					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>					
Conclusiones: <u>La superficie cumple con el perfil de anclaje solicitado por el cliente.</u>					

ELABORADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

REVISADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:



APROBADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

4.4.2. Registro de la prueba de perfil de anclaje a la supercie interna del autotanque.

		<p align="center">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ</p>			
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE INTERNA					
INFORMACIÓN GENERAL					
Solicitante	AGIP OIL ECUADOR		Código	PR – E – DSI – FM - 001	
Proyecto	Autotanque de 8000 gl. de capacidad de Gas Licuado de Petróleo.				
Fecha de registro	9 de Febrero del 2017		No. Revisión		
Lugar de realización	Taller				
Elaborado por	Rafael Delgado – Víctor Lema		Revisado por	Ing.	
PARAMETROS DE PREPARACION DE SUPERFICIE INTERNA					
Sistema de limpieza	Limpieza inicial: Limpieza con solventes SSPC-SP1		Limpieza intermedia: Limpieza mecánica NACE 4		Limpieza final: Lavado con agua pura
Perfil de anclaje obtenido	0 mils	0 mils	Temperatura del material	21 °C	
Testigo de perfil de anclaje					
Inspección de superficie finalizada.	Adecuada				
Resultado de la inspección	NACE 4				
Ítems a inspeccionar					
<p>Conclusiones: <u>La superficie cumple con la limpieza de disolventes y cepillado mecánico solicitado por el cliente. No presenta perfil de anclaje al no ser requerido un pintado interior.</u></p>					

ELABORADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

REVISADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

APROBADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

4.5. Formato de pruebas a realizar para el recubrimiento superficial.

	<p align="center">TÍTULO: FORMATO DE PRUEBAS A REALIZAR PARA EL RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL</p>		
SUSTITUYE A: CÓDIGO:	R – PR – DCA – FM – 001	RAZÓN DE REVISIÓN: No REVISIÓN:	

Plan de Evaluación N°-.....

Fecha: 10 de Febrero del 2017

Razón social de la empresa	Agip Oíl Ecuador
Dirección de la empresa	Diego de Almagro N3248, Edif. Ibm, Piso 2
Ruc	
Representante legal de la empresa	
Teléfono	(02) 250-1502

EQUIPO TÉCNICO:

El equipo técnico está integrado por: Técnico:

Asistente:

Tabla 4-2. Procedimiento a realizar.

ENSAYO	NORMA	ENSAYO A REALIZAR
Medición de perfil de anclaje	NACE RP0287	
Control de las condiciones ambientales	ISO 8502-4	X
Medición de espesor de película seca.	SSPC PA2	
Prueba de adherencia	ASTM D3359	
Prueba de discontinuidades	NACE RP 0188	



Fuente. Autores.

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	DÍA	HORA
Recepción del autotankue	09/02/17	09:00
Ensayo	10/02/17	08:45
Entrega de resultados	22/02/17	12:00
COMPROMISO: La empresa solicitante del servicio se compromete a cancelar el costo del mismo de acuerdo a los valores establecidos mediante el convenio.		
.....		
REPRESENTANTE LEGAL EMPRESA (SELLO)		

4.6. Resultados y análisis de las condiciones climáticas según la norma ISO 8502-4.

4.6.1. Registro de la prueba de condiciones climáticas para la aplicación de los recubrimientos.

		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ					
REGISTRO DE PARAMETROS DE CONDICIONES AMBIENTALES							
INFORMACIÓN GENERAL							
Solicitante	AGIP OIL ECUADOR			Código	PR – E – DCA – FM - 001		
Proyecto	Autotank de 8000 gl. de capacidad de Gas Licuado de Petróleo.			Lugar de realización	Taller		
PARAMETROS PRINCIPALES							
Equipo	Psicrómetro			Especificación técnica	ISO 8502-4		
Perfil de anclaje	1.5 – 2.5 mils			Áreas de verificación	Superficie exterior del autotank		
Indicadores de clima	SO – Soleado NP – Nublado parcial NT – Nublado total LL – Lluvioso			Temperatura Ambiente	TA – Temperatura Ambiente HR – Humedad relativa TS – Temperatura de superficie PR – Punto de rocío		
Tipo de actividad	L – Limpieza		AR – Arenado		RE - Recubrimiento		
REGISTRO							
Fecha	Hora	Actividad	Recubrimiento aplicado	TA (°C)	HR (%)	TS (°C)	PR (°C)
10 – feb – 2017	08:45	Primera capa – recubrimiento	Carbozinc 11	17	72	17	12
15 – feb – 2017	09:00	Segunda capa – recubrimiento	Carboguard 890	20	74	22	15
20 – feb – 2017	08:45	Tercera capa – recubrimiento	Carbothane 134 HG	20	59	18	12
Conclusiones: _____							

ELABORADO POR:

Nombre:
Firma
Fecha:

REVISADO POR:

Nombre:
Firma
Fecha:

APROBADO POR:

Nombre:
Firma
Fecha:

4.6.2. Análisis de las condiciones climáticas.

En el presente cuadro demostrativo podemos observar que las temperaturas superficial y ambiental se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el fabricante CARBOLINE para cada recubrimiento.

De igual forma se puede evaluar que la humedad relativa se encuentra en el rango que establece el fabricante del recubrimiento.

Para el punto de rocío, el fabricante establece que debe ser superior a 3°C lo cual se cumple para cada capa de recubrimiento.

Tabla 4-3. Cuadro comparativo de las temperaturas de trabajo.

	Temperatura del fabricante				Temperatura de trabajo			
	TA (°C)	TS (°C)	HR(%)	PR(°C)	TA (°C)	TS (°C)	HR(%)	PR(°C)
1 capa	4 - 40	4 - 40	40 - 90	>3	17	17	72	12
2 capa	10 - 32	10 - 32	0 - 90	>3	20	22	74	15
3 capa	10 - 38	10 - 38	10 - 85	>3	20	18	59	12

Fuente. Autores

Dado los resultados se determina que el procedimiento de recubrimiento superficial para cada capa cumplió con las temperaturas de trabajo, al encontrarse los valores dentro de los límites permisibles dados por el fabricante.

4.7. Formato de pruebas a realizar para el recubrimiento superficial.

	<p style="text-align: center;">TÍTULO: FORMATO DE PRUEBAS A REALIZAR PARA EL RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL</p>		
SUSTITUYE A:		RAZÓN DE REVISIÓN:	
CÓDIGO:	R – PR – DEEA – FM – 001	No REVISIÓN:	

Plan de Evaluación N°-.....

Fecha: 13 de Febrero del 2017

Razón social de la empresa	Agip Oíl Ecuador
Dirección de la empresa	Diego de Almagro N3248, Edif. Ibm, Piso 2
Ruc	
Representante legal de la empresa	
Teléfono	(02) 250-1502

EQUIPO TÉCNICO:

El equipo técnico está integrado por: Técnico:

Asistente:

Tabla 4-4. Procedimiento a realizar.

ENSAYO	NORMA	ENSAYO A REALIZAR
Medición de perfil de anclaje	NACE RP0287	
Control de las condiciones climáticas	ISO 8502-4	
Medición de espesor de película seca.	SSPC PA2	X
Prueba de adherencia	ASTM D3359	X
Prueba de discontinuidades	NACE RP 0188	




Fuente. Autores.



PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	DÍA	HORA
Recepción del autotanke	10/02/17	09:30
Ensayo	13/02/17	11:00
Entrega de resultados	24/02/17	15:00
COMPROMISO: La empresa solicitante del servicio se compromete a cancelar el costo del mismo de acuerdo a los valores establecidos mediante el convenio.		
.....		
REPRESENTANTE LEGAL EMPRESA (SELLO)		

4.8. Resultados y análisis de las pruebas de medición de espesores y adherencia del recubrimiento según la norma ASTM D3359 y SSPC-PA2.

4.8.1. Registro de la prueba de espesores y adherencia para la primera capa de aplicación de recubrimiento externo.

 <div style="text-align: center;"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ </div> 			
REGISTRO DE MEDICIÓN DE ESPESORES DE RECUBRIMIENTO Y PRUEBA DE ADHERENCIA			
INFORMACIÓN GENERAL			
Solicitante	AGIP OIL ECUADOR	Código	PR – E – DEEA – FM - 001
Proyecto	Autotanque de 8000 gl. de capacidad de Gas Licuado de Petróleo.		
Fecha de registro	13 de Febrero del 2017	No. Revisión	
Lugar de realización	Taller		
Elaborado por	Rafael Delgado – Víctor Lema	Revisado por	Ing.
PARAMETROS DE APLICACIÓN DE LA PRIMERA CAPA – CUERPO EXTERNO			
Sistema de pintado	Zinc inorgánico + Epóxico + Poliuretano alifático	Especificación técnica	NACE 2
Marca de pintura	CARBOLINE	Recubrimiento comercial	CARBOZINC 11
Instrumento de medida de película húmeda	Peine	Instrumento de medida de película seca	Medidor por ultrasonido
Espesor a controlar (2 mils)	Mínimo	1,60 mils	Método de aplicación
	Máximo	2,40 mils	Repintando
			Airless - Brocha
RECOLECCIÓN DE DATOS – CUERPO LATERAL			
Muestra 1	2,40	2,10	
	2,00		
	1,89		
Muestra 2	2,10	2,07	
	2,20		
	1,90		
Muestra 3	1,80	2,02	
	2,16		
	2,10		
Muestra 4	2,08	2,02	
	1,96		
	2,03		
Muestra 5	2,15	2,09	
	2,22		
	1,90		
Promedio total		2,06	

RECOLECCIÓN DE DATOS – CASQUETE			
Muestra 1	2,20	2,13	
	2,10		
	2,03		
Muestra 2	1,95	2,02	
	1,92		
	2,20		
Muestra 3	230	2,13	
	2,10		
	2,00		
Promedio total		2,09	
PRUEBA DE ADHERENCIA – PRIMERA CAPA – CUERPO EXTERNO			
Especificación	CARBOLINE	Espesor de capa en seco	2 mils
Equipo de medición	Kit de medición de adherencia mediante cinta adhesiva		
Muestra de adherencia			
			
Conclusiones: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>			

ELABORADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

REVISADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

APROBADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

4.8.2. Cálculo y análisis de las mediciones de espesor del recubrimiento externo de la primera capa.

Para garantizar la calidad del procedimiento de recubrimiento se utilizará la prueba de normalidad y el índice de capacidad (Cpk) para verificar la corrección, precisión de los resultados y el centrado del proceso.

Para realizar la prueba de normalidad es recomendable utilizar los criterios de aceptación de Shapiro Wilk, el cual nos indica lo siguiente:

- Si $p \geq 0,05$ La distribución es normal y se acepta el proceso.
- Si $p < 0,05$ La distribución no es normal y se rechaza el proceso.

En la realización del índice de capacidad (Cpk), se debe tener en cuenta las siguientes especificaciones:

- Si $Cpk \geq 1,25$ El proceso es capaz de cumplir con las especificaciones.
- Si $Cpk < 1,25$ El proceso no cumple por lo menos con una de las especificaciones.

Cálculo del cuerpo lateral del autotanque.

Tabla 4-5. Datos para el cálculo de la primera capa – cuerpo lateral.

xi	μ	(μ - xi)	(μ - xi)²
2,10	2,06	-0,04	0,0016
2,07		-0,01	0,0001
2,02		0,04	0,0016
2,02		0,04	0,0016
2,09		-0,03	0,0009
			0,0058

Fuente. Autores

En la prueba de normalidad para la primera capa – cuerpo lateral, el proceso es considerado aceptable ya que el valor de p dio como resultado 0,208, que es un valor mayor a 0,05; por tal motivo el proceso es aceptable.

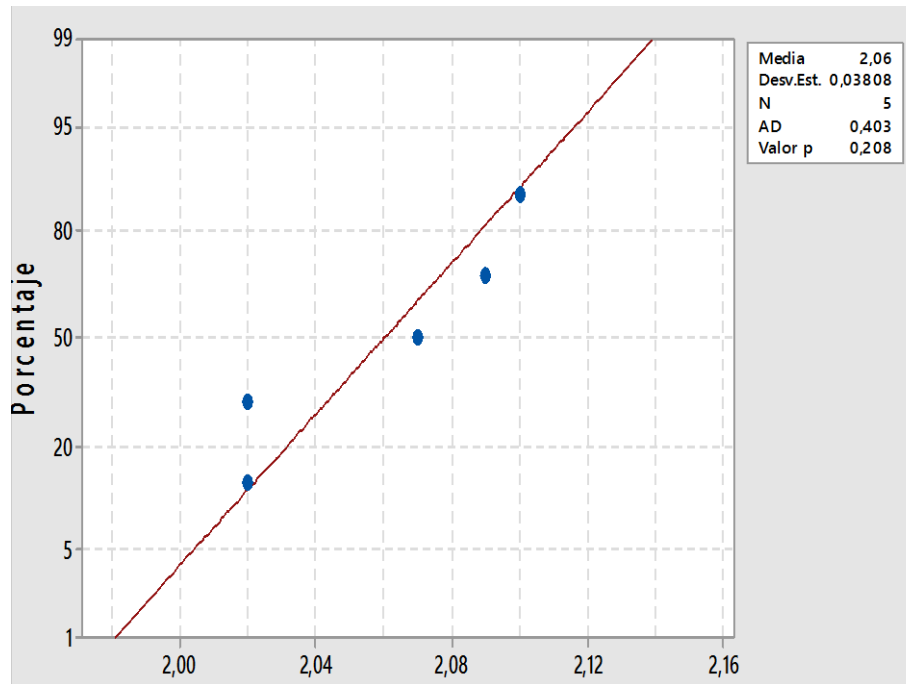


Figura 4-1. Gráfica de probabilidad del proceso de primera capa – cuerpo lateral.

Fuente. Autores.

Luego de realizar la prueba de normalidad, se procede a realizar el cálculo del índice de capacidad real del proceso (Cpk) con su respectiva gráfica.

$$Cpk = \text{mínimo} \left[\frac{LES - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LEI}{3\sigma} \right] \quad (1)$$

Límite específico superior (LES) = 2 + 0,2% = 2,40 mils

Límite específico inferior (LEI) = 2 – 0,2% = 1,6 mils

$$\text{Cálculo de la varianza} \quad \sigma^2 = \frac{\sum(\mu - x_i)^2}{n-1} = \frac{0,0058}{5-1} = 0,00145 \quad (2)$$

$$\text{Cálculo de la desviación} \quad \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{0,00145} \quad (3)$$

$$\sigma = 0,038$$

$$Cpk = \text{mínimo} \left[\frac{2,40 - 2,06}{3(0,038)} ; \frac{2,06 - 1,60}{3(0,038)} \right]$$

$$Cpk = \text{mínimo} [2,98; 4,04]$$

$Cpk = 2,98 > 1,25$; El proceso es capaz de cumplir con las especificaciones .

$$\text{Límite real superior (LRS)} = \mu + 3 \sigma = 2,06 + 3(0,038) = 2,17$$

(4)

$$\text{Límite real inferior (LRI)} = \mu - 3 \sigma = 2,06 - 3(0,038) = 1,95$$

(5)

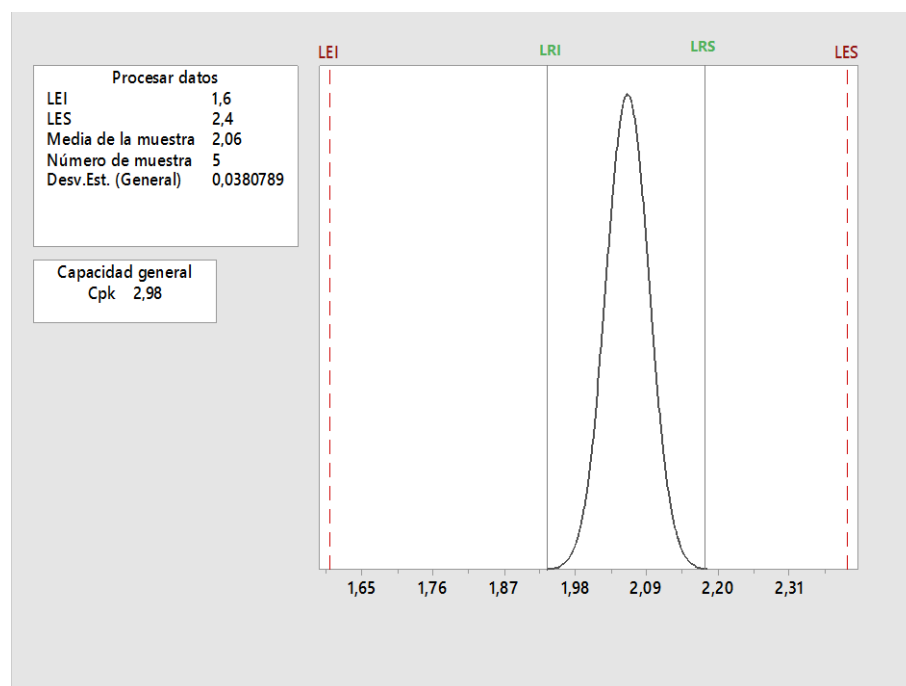


Figura 4-2. Informe de capacidad del proceso de primera capa - cuerpo lateral.

Fuente. Autores

Cálculo del casquete del autotanke.

Tabla 4-6. Datos para el cálculo de la primera capa – casquete.

xi	μ	(μ - xi)	(μ - xi) ²
2,13	2,09	-0,04	0,0016
2,02		0,07	0,0049
2,13		-0,04	0,0016
			0,0081

Fuente. Autores

En la prueba de normalidad para la primera capa – casquete, el proceso es considerado aceptable, ya que el valor de p dio como resultado 0,057, que es un valor mayor a 0,05; por tal motivo el proceso es aceptable.

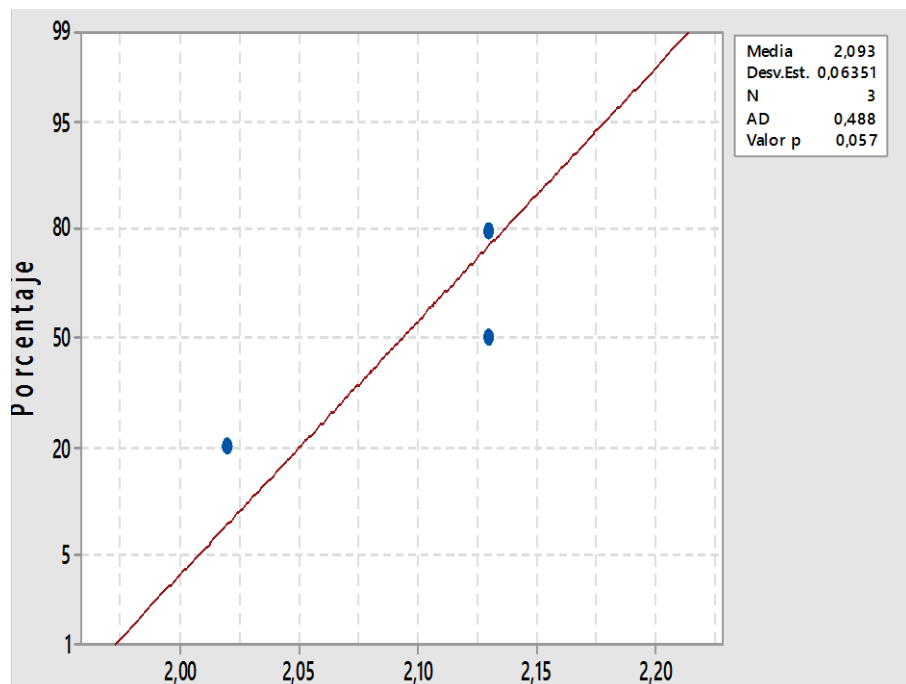


Figura 4-3. Gráfica de probabilidad del proceso de primera capa – casquete.

Fuente. Autores.

Luego de realizar la prueba de normalidad, se procede a realizar el cálculo del índice de capacidad real del proceso (Cpk) con su respectiva gráfica.

$$\text{Cálculo de la varianza} \quad \sigma^2 = \frac{\sum(\mu - x_i)^2}{n-1} = \frac{0,0081}{3-1} = 0,00405$$

$$\text{Cálculo de la desviación} \quad \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{0,00405}$$

$$\sigma = 0,063$$

$$Cpk = \text{mínimo} \left[\frac{2,40 - 2,09}{3(0,063)} ; \frac{2,09 - 1,60}{3(0,063)} \right]$$

$$Cpk = \text{mínimo} [1,61; 1,69]$$

Cpk = 1,61 > 1,25; El proceso es capaz de cumplir con las especificaciones.

$$\text{Límite real superior (LRS)} = \mu + 3 \sigma = 2,09 + 3(0,063) = 2,3$$

$$\text{Límite real inferior (LRI)} = \mu - 3 \sigma = 2,09 - 3(0,063) = 1,89$$

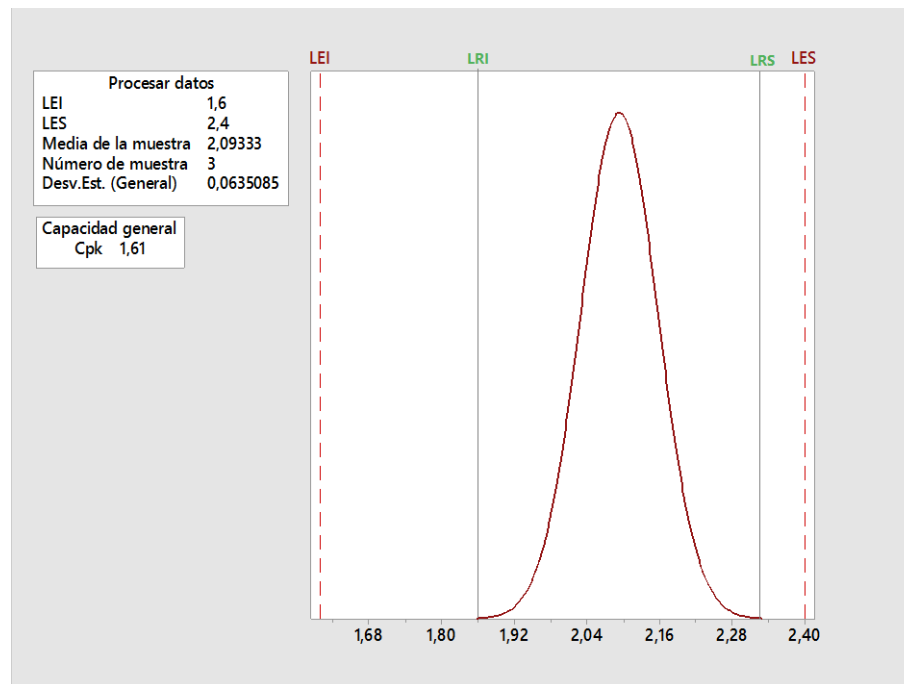




Figura 4-4. Informe de capacidad del proceso de primera capa – casquete.

Fuente. Autores

4.8.3. Registro de la prueba de espesores y adherencia para la segunda capa de aplicación de recubrimiento externo.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ </div>  </div>					
REGISTRO DE MEDICIÓN DE ESPESORES DE RECUBRIMIENTO Y PRUEBA DE ADHERENCIA					
INFORMACIÓN GENERAL					
Solicitante	AGIP OIL ECUADOR		Código	PR – E – DEEA – FM - 001	
Proyecto	Autotanque de 8000 gl. de capacidad de Gas Licuado de Petróleo.				
Fecha de registro	16 de Febrero del 2017		No. Revisión		
Lugar de realización	Taller				
Elaborado por	Rafael Delgado – Víctor Lema		Revisado por	Ing.	
PARAMETROS DE APLICACIÓN DE LA SEGUNDA CAPA – CUERPO EXTERNO					
Sistema de pintado	Zinc inorgánico + Epóxico + Poliuretano alifático			Especificación técnica	NACE 2
Marca de pintura	CARBOLINE	Recubrimiento comercial	CARBOZINC 11 + CARBOGUARD 890		
Instrumento de medida de película húmeda	Peine	Instrumento de medida de película seca	Medidor por ultrasonido		
Espesor controlar (5,6 mils)	Mínimo	4,50 mils	Método de aplicación	Airless	
	Máximo	6,72 mils	Repintando	Airless - Brocha	
RECOLECCIÓN DE DATOS – CUERPO LATERAL					
Muestra 1	6,20	6,07			
	5,00				
	7,00				
Muestra 2	5,90	6,17			
	6,40				
	6,20				
Muestra 3	6,30	6,30			
	6,00				
	6,60				
Muestra 4	6,60	6,27			
	5,00				
	7,20				
Muestra 5	5,90	6,20			
	6,70				
	6,00				
Promedio total		6,20			

RECOLECCIÓN DE DATOS – CASQUETE			
Muestra 1	5,76	6,09	
	6,70		
	5,80		
Muestra 2	5,30	5,80	
	6,10		
	6,00		
Muestra 3	5,76	6,15	
	6,30		
	6,40		
Promedio total		6,01	
PRUEBA DE ADHERENCIA – SEGUNDA CAPA – CUERPO EXTERNO			
Especificación	CARBOLINE	Espesor de capa en seco	5,6 mils
Equipo de medición	Kit de medición de adherencia mediante cinta adhesiva		
Muestra de adherencia			
			
Conclusiones: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>			

ELABORADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

REVISADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

APROBADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

4.8.4. Cálculo y análisis de las mediciones de espesor del recubrimiento externo de la segunda capa.

Para garantizar la calidad del procedimiento de recubrimiento se utilizará la prueba de normalidad y el índice de capacidad (Cpk) para verificar la corrección, precisión de los resultados y el centrado del proceso.

Para realizar la prueba de normalidad es recomendable utilizar los criterios de aceptación de Shapiro Wilk, el cual nos indica lo siguiente:

- Si $p \geq 0,05$ La distribución es normal y se acepta el proceso.
- Si $p < 0,05$ La distribución no es normal y se rechaza el proceso.

En la realización del índice de capacidad (Cpk), se debe tener en cuenta las siguientes especificaciones:

- Si $Cpk \geq 1,25$ El proceso es capaz de cumplir con las especificaciones.
- Si $Cpk < 1,25$ El proceso no cumple por lo menos con una de las especificaciones.

Cálculo del cuerpo lateral del autotankue.

Tabla 4-7. Datos para el cálculo de la segunda capa – cuerpo lateral.

xi	μ	(μ - xi)	(μ - xi) ²
6,07	6,20	0,13	0,0169
6,17		0,03	0,0009
6,30		-0,1	0,01
6,27		-0,07	0,0049
6,20		0	0
			0,0327

Fuente. Autores

En la prueba de normalidad para la segunda capa – cuerpo lateral, el proceso es considerado aceptable ya que el valor de p dio como resultado 0,747, que es un valor mayor a 0,05; por tal motivo el proceso es aceptable.

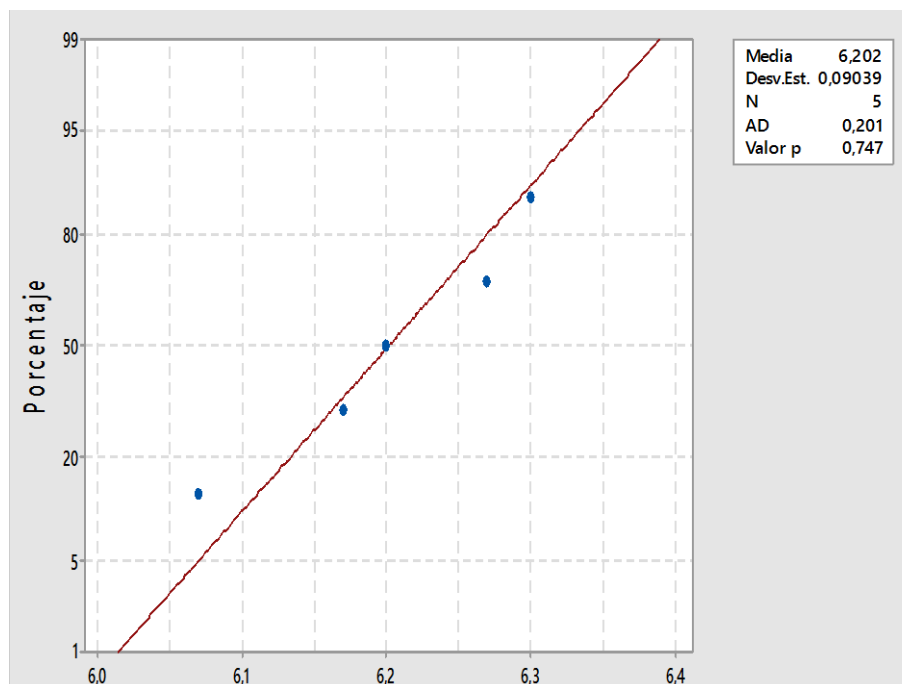


Figura 4-5. Gráfica de probabilidad del proceso de segunda capa – cuerpo lateral.

Fuente. Autores

Luego de realizar la prueba de normalidad, se procede a realizar el cálculo del índice de capacidad real del proceso (Cpk) con su respectiva gráfica.

$$Cpk = \text{mínimo} \left[\frac{LES - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LEI}{3\sigma} \right]$$

Límite específico superior (LES) = $5,6 + 0,2\% = 4,50$ mils

Límite específico inferior (LEI) = $5,6 - 0,2\% = 6,72$ mils

Cálculo de la varianza $\sigma^2 = \frac{\sum(\mu - x_i)^2}{n-1} = \frac{0,0327}{5-1} = 0,008175$

Cálculo de la desviación $\sqrt{\sigma^2} = \sqrt{0,008175}$

$$\sigma = 0,090$$

$$Cpk = \text{mínimo} \left[\frac{6,72 - 6,20}{3(0,090)}; \frac{6,20 - 4,50}{3(0,090)} \right]$$

$$Cpk = \text{mínimo} [1,91; 6,26]$$

Cpk = 1,91 > 1,25; El proceso es capaz de cumplir con las especificaciones.

Límite real superior (LRS) = $\mu + 3\sigma = 6,20 + 3(0,090) = 6,47$

Límite real inferior (LRI) = $\mu - 3\sigma = 6,20 - 3(0,090) = 5,92$

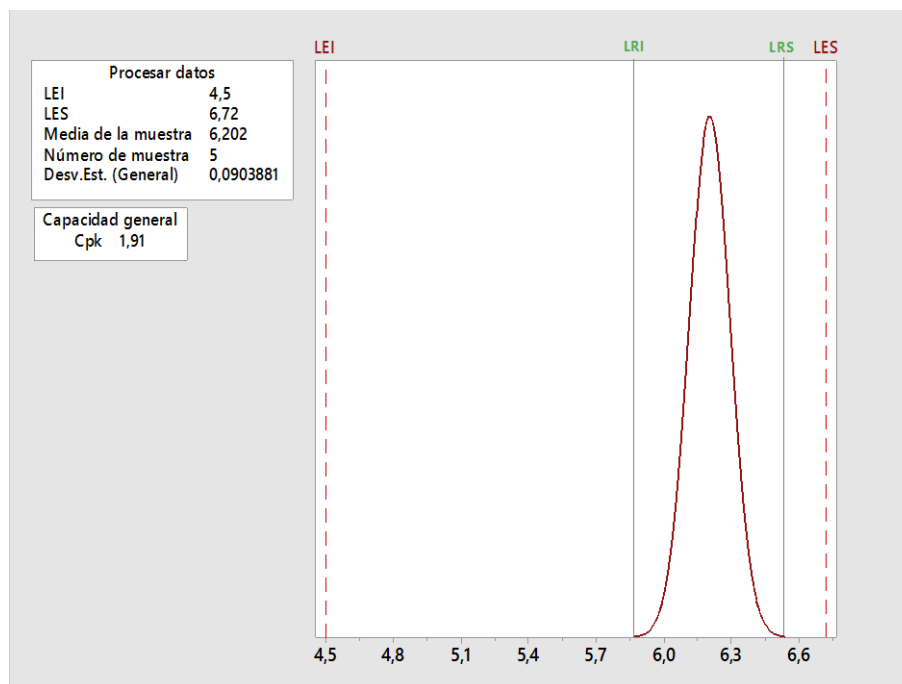


Figura 4-6. Informe de capacidad del proceso de segunda capa – cuerpo lateral.

Fuente. Autores

Cálculo del casquete del autotanque.

Tabla 4-8. Datos para el cálculo de la segunda capa – casquete.

x_i	μ	$(\mu - x_i)$	$(\mu - x_i)^2$
6,09	6,01	- 0,08	0,0064
5,80		0,21	0,0441
6,15		- 0,14	0,0196
			0,0701

Fuente. Autores

En la prueba de normalidad para la segunda capa – casquete, el proceso es considerado aceptable, ya que el valor de p dio como resultado 0,207 que es un valor mayor a 0,05; por tal motivo el proceso es aceptable.

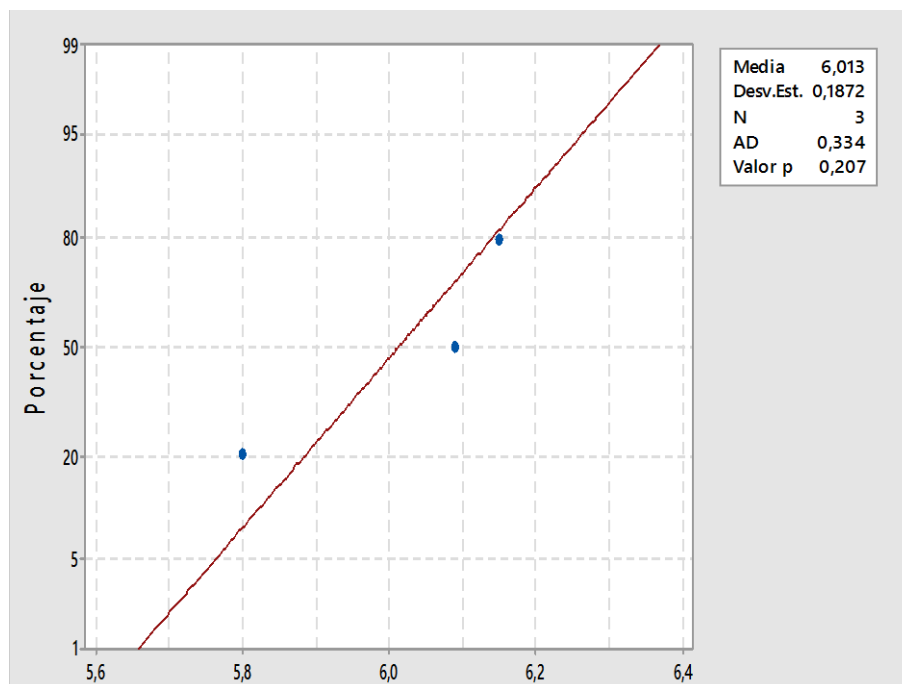


Figura 4-7. Gráfica de probabilidad del proceso de segunda capa – casquete.

Fuente. Autores

Luego de realizar la prueba de normalidad, se procede a realizar el cálculo del índice de capacidad real del proceso (Cpk) con su respectiva gráfica.

Cálculo de la varianza
$$\sigma^2 = \frac{\sum(\mu - x_i)^2}{n-1} = \frac{0,0701}{3-1} = 0,03505$$

Cálculo de la desviación
$$\sqrt{\sigma^2} = \sqrt{0,03505}$$

$$\sigma = 0,187$$

$$Cpk = \text{mínimo} \left[\frac{6,72 - 6,01}{3(0,187)} ; \frac{6,01 - 4,50}{3(0,187)} \right]$$

$$Cpk = \text{mínimo} [1,26; 2,69]$$

Cpk = 1,26 > 1,25; El proceso es capaz de cumplir con las especificaciones.

Límite real superior (LRS) = $\mu + 3 \sigma = 6,01 + 3(0,187) = 6,67$

Límite real inferior (LRI) = $\mu - 3 \sigma = 6,01 - 3(0,187) = 5,36$

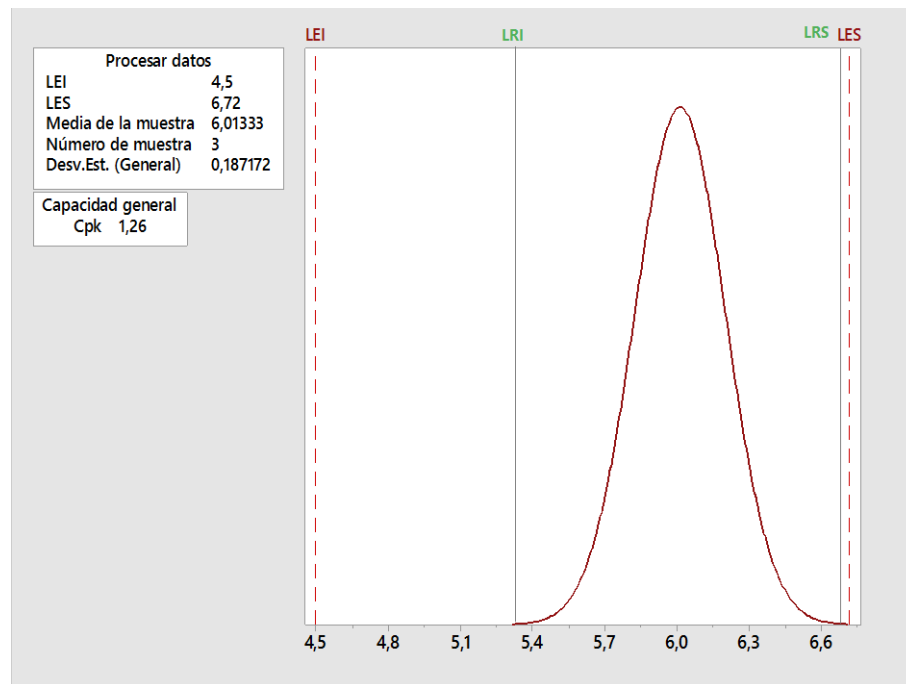




Figura 4-8. Informe de capacidad del proceso de la segunda capa – casquete.

Fuente. Autores

4.8.5. Registro de la prueba de espesores y adherencia para la tercera capa de aplicación de recubrimiento externo.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ </div>  </div>								
REGISTRO DE MEDICIÓN DE ESPESORES DE RECUBRIMIENTO Y PRUEBA DE ADHERENCIA								
INFORMACIÓN GENERAL								
Solicitante	AGIP OIL ECUADOR		Código	PR – E – DEEA – FM - 001				
Proyecto	Autotank de 8000 gl. de capacidad de Gas Licuado de Petróleo.							
Fecha de registro	21 de Febrero del 2017		No. Revisión					
Lugar de realización	Taller							
Elaborado por	Rafael Delgado – Víctor Lema		Revisado por	Ing.				
PARAMETROS DE APLICACIÓN DE LA TERCERA CAPA – CUERPO EXTERNO								
Sistema de pintado	Zinc inorgánico + Epóxico + Poliuretano alifático			Especificación técnica	NACE 2			
Marca de pintura	CARBOLINE	Recubrimiento comercial	CARBOZINC 11 + CARBOGUARD 890 + CARBOTHANE 134 HG					
Instrumento de medida de película húmeda	Peine	Instrumento de medida de película seca	Medidor por ultrasonido					
Espesor a controlar (7,6 mils)	Mínimo	6,10 mils	Método de aplicación	Airless				
	Máximo	9,12 mils	Repintando	Airless - Brocha				
RECOLECCIÓN DE DATOS – CUERPO LATERAL								
Muestra 1	7,90	8,03						
	8,00							
	8,20							
Muestra 2	7,50	7,77						
	8,00							
	7,80							
Muestra 3	7,60	7,80						
	7,80							
	8,00							
Muestra 4	8,00	7,87						
	8,20							
	7,40							
Muestra 5	7,80	7,67						
	7,20							
	8,00							
Promedio total		7,83						

RECOLECCIÓN DE DATOS – CASQUETE			
Muestra 1	7,70	7,76	
	7,60		
	8,00		
Muestra 2	7,80	8,07	
	8,20		
	8,20		
Muestra 3	7,40	7,83	
	8,00		
	8,10		
Promedio total		7,89	
PRUEBA DE ADHERENCIA – TERCERA CAPA – CUERPO EXTERNO			
Especificación	CARBOLINE	Espesor de capa en seco	7,6 mils
Equipo de medición	Kit de medición de adherencia mediante cinta adhesiva		
Muestra de adherencia			
			
Conclusiones: 			

ELABORADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

REVISADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

APROBADO POR:

Nombre:

Firma

Fecha:

4.8.6. Cálculo y análisis de las mediciones de espesor del recubrimiento externo de la tercera capa.

Para garantizar la calidad del procedimiento de recubrimiento se utilizará la prueba de normalidad y el índice de capacidad (Cpk) para verificar la corrección, precisión de los resultados y el centrado del proceso.

Para realizar la prueba de normalidad es recomendable utilizar los criterios de aceptación de Shapiro Wilk, el cual nos indica lo siguiente:

- Si $p \geq 0,05$ La distribución es normal y se acepta el proceso.
- Si $p < 0,05$ La distribución no es normal y se rechaza el proceso.

En la realización del índice de capacidad (Cpk), se debe tener en cuenta las siguientes especificaciones:

- Si $Cpk \geq 1,25$ El proceso es capaz de cumplir con las especificaciones.
- Si $Cpk < 1,25$ El proceso no cumple por lo menos con una de las especificaciones.

Cálculo del cuerpo lateral del autotanque.

Tabla 4-9. Datos para el cálculo de la tercera capa – cuerpo lateral.

xi	μ	(μ - xi)	(μ - xi) ²
8,03	7,83	- 0,2	0,04
7,77		0,06	0,0036
7,80		0,03	0,0009
7,87		- 0,04	0,0016
7,67		0,16	0,0256
			0,0717

Fuente. Autores

En la prueba de normalidad para la tercera capa – cuerpo lateral, el proceso es considerado aceptable ya que el valor de p dio como resultado 0,714, que es un valor mayor a 0,05; por tal motivo el proceso es aceptable.

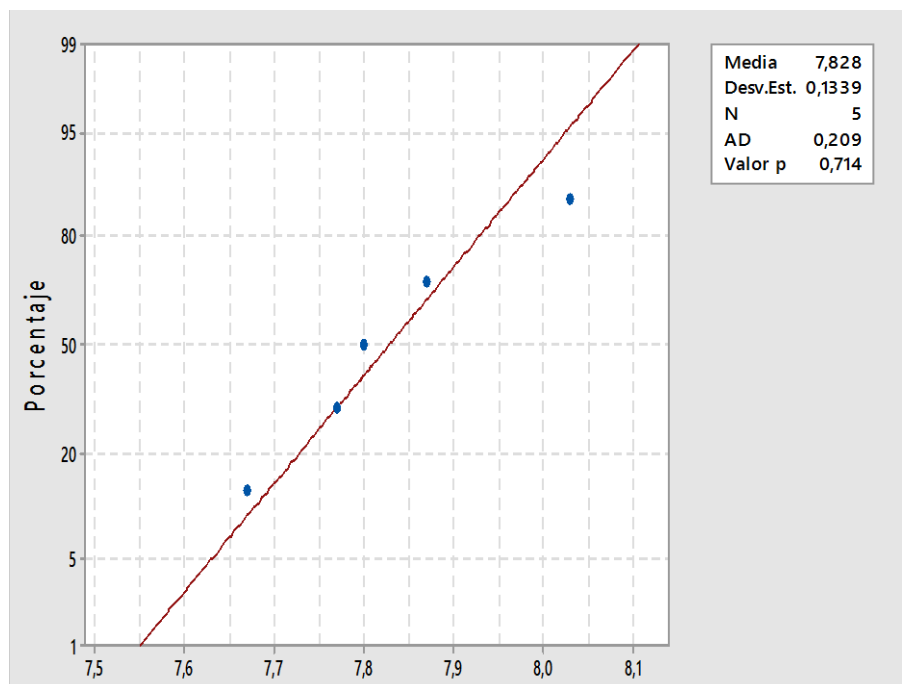


Figura 4-9. Gráfica de probabilidad del proceso de tercera capa – cuerpo lateral.

Fuente. Autores

Luego de realizar la prueba de normalidad, se procede a realizar el cálculo del índice de capacidad real del proceso (Cpk) con su respectiva gráfica.

$$Cpk = \text{mínimo} \left[\frac{LES - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LEI}{3\sigma} \right]$$

Límite específico superior (LES) = $7,6 + 0,2\% = 6,10$ mils

Límite específico inferior (LEI) = $7,6 - 0,2\% = 9,12$ mils

Cálculo de la varianza $\sigma^2 = \frac{\sum(\mu - x_i)^2}{n-1} = \frac{0,0717}{5-1} = 0,017925$

Cálculo de la desviación $\sqrt{\sigma^2} = \sqrt{0,017925}$

$$\sigma = 0,134$$

$$Cpk = \text{mínimo} \left[\frac{9,12 - 7,83}{3(0,134)}; \frac{7,83 - 6,10}{3(0,134)} \right]$$

$$Cpk = \text{mínimo} [3,22; 4,30]$$

Cpk = 3,21 > 1,25; El proceso es capaz de cumplir con las especificaciones.

Límite real superior (LRS) = $\mu + 3\sigma = 7,83 + 3(0,134) = 8,23$

Límite real inferior (LRI) = $\mu - 3\sigma = 7,83 - 3(0,134) = 7,43$

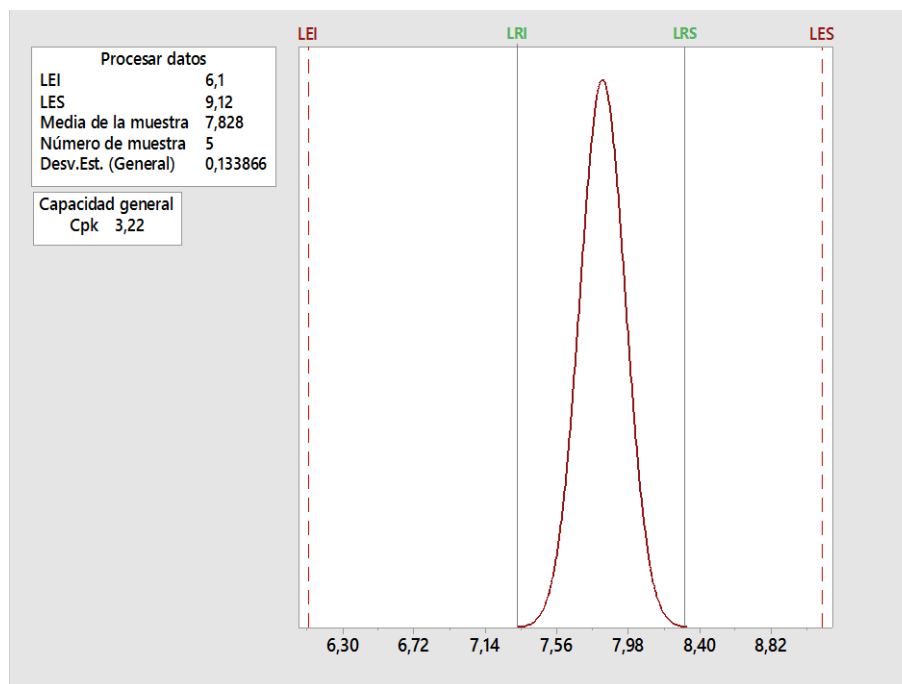


Figura 4-10. Informe de capacidad del proceso de la tercera capa – cuerpo lateral.

Fuente. Autores

Cálculo del casquete del autotanque.

Tabla 4-10. Datos para el cálculo de la tercera capa – casquete.

x_i	μ	$(\mu - x_i)$	$(\mu - x_i)^2$
7,76	7,89	0,13	0,0169
8,07		- 0,18	0,0324
7,83		0,06	0,0036
			0,0529

Fuente. Autores

En la prueba de normalidad para la segunda capa – casquete, el proceso es considerado aceptable, ya que el valor de p dio como resultado 0,291, que es un valor mayor a 0,05; por tal motivo el proceso es aceptable.

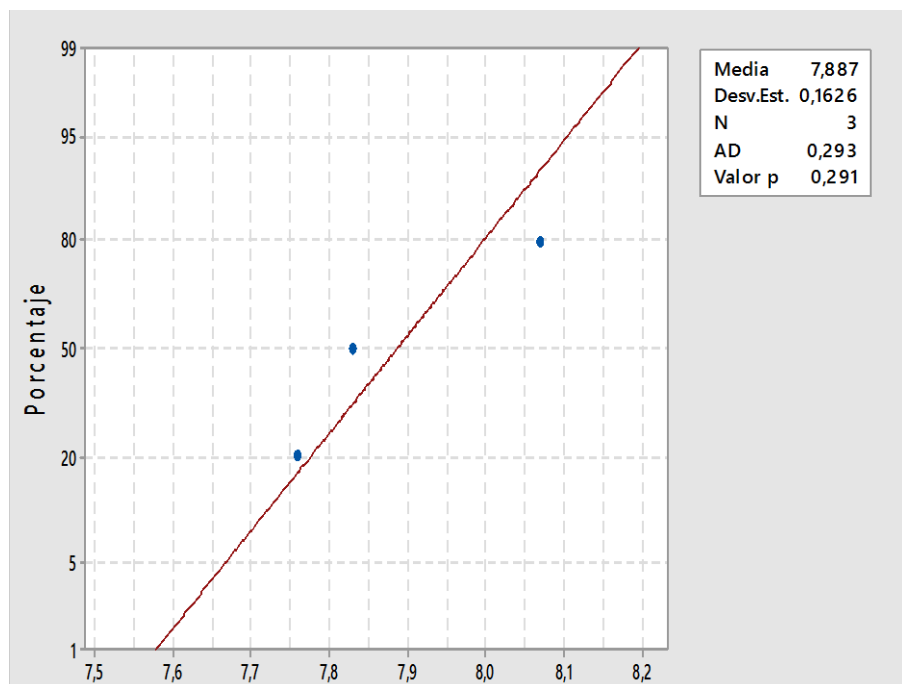


Figura 4-11. Gráfica de probabilidad del proceso de tercera capa – casquete.

Fuente. Autores

Luego de realizar la prueba de normalidad, se procede a realizar el cálculo del índice de capacidad real del proceso (Cpk) con su respectiva gráfica.

$$\text{Cálculo de la varianza} \quad \sigma^2 = \frac{\sum(\mu - x_i)^2}{n-1} = \frac{0,0529}{3-1} = 0,02645$$

$$\text{Cálculo de la desviación} \quad \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{0,02645}$$

$$\sigma = 0,162$$

$$Cpk = \text{mínimo} \left[\frac{9,12 - 7,89}{3(0,162)}; \frac{7,89 - 6,10}{3(0,162)} \right]$$

$$Cpk = \text{mínimo} [2,53; 3,68]$$

Cpk = 2,53 > 1,25; El proceso es capaz de cumplir con las especificaciones.

$$\text{Límite real superior (LRS)} = \mu + 3 \sigma = 7,89 + 3(0,162) = 8,48$$

$$\text{Límite real inferior (LRI)} = \mu - 3 \sigma = 7,89 - 3(0,162) = 7,38$$

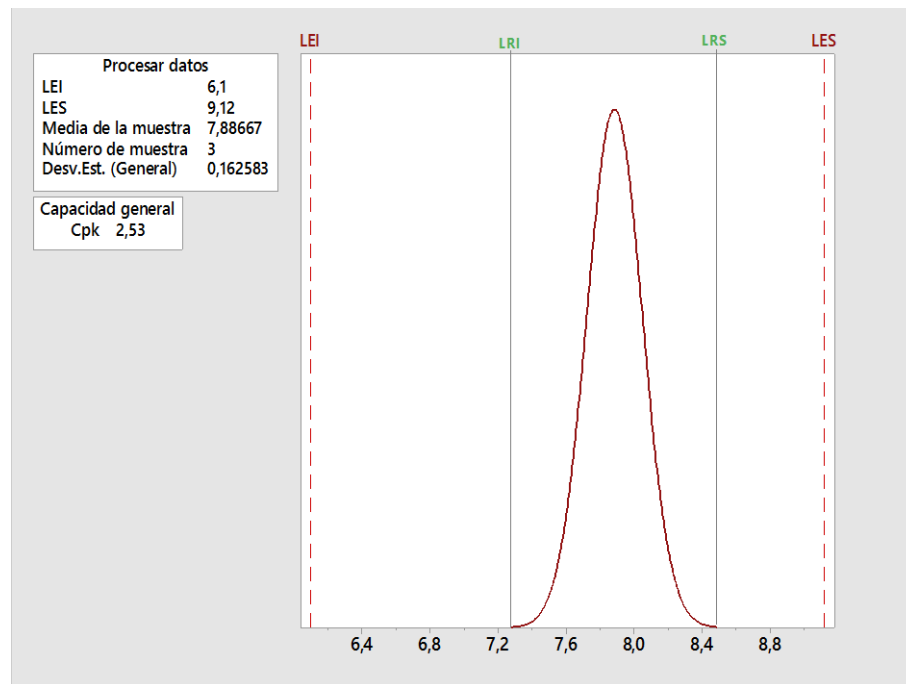


Figura 4-12. Informe de capacidad del proceso de la tercera capa – casquete.

Fuente. Autores

4.9. Formato de pruebas a realizar para el recubrimiento superficial.

	<p align="center">TÍTULO: FORMATO DE PRUEBAS A REALIZAR PARA EL RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL</p>		
SUSTITUYE A: CÓDIGO:	R – PR – DD – FM – 001	RAZÓN DE REVISIÓN: No REVISIÓN:	

Plan de Evaluación N°-.....

Fecha: 1 de Marzo del 2017

Razón social de la empresa	Agip Oíl Ecuador
Dirección de la empresa	Diego de Almagro N3248, Edif. Ibm, Piso 2
Ruc	
Representante legal de la empresa	
Teléfono	(02) 250-1502

EQUIPO TÉCNICO:

El equipo técnico está integrado por: Técnico:

Asistente:

Tabla 4-11. Procedimiento a realizar.

ENSAYO	NORMA	ENSAYO A REALIZAR
Medición de perfil de anclaje	NACE RP0287	
Control de las condiciones climáticas	ISO 8502-4	
Medición de espesor de película seca.	SSPC PA2	
Prueba de adherencia	ASTM D3359	
Prueba de discontinuidades	NACE RP 0188	X



Fuente. Autores.

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	DÍA	HORA
Recepción del autotanke	01/03/17	09:00
Ensayo	01/03/17	10:45
Entrega de resultados	03/03/17	09:00
COMPROMISO: La empresa solicitante del servicio se compromete a cancelar el costo del mismo de acuerdo a los valores establecidos mediante el convenio.		
.....		
REPRESENTANTE LEGAL EMPRESA (SELLO)		

4.10. Resultados y análisis de la prueba de detección de discontinuidades según la norma NACE RP0188

4.10.1. Registro de la prueba de detección de discontinuidades Holiday Detector.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ </div>  </div>						
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE RECUBRIMIENTO POR HOLIDAY DETECTOR						
INFORMACIÓN GENERAL						
Solicitante	AGIP OIL ECUADOR			Código	PR – E – DD – FM - 001	
Proyecto	Autotanque de 8000 gl. de capacidad de Gas Licuado de Petróleo.			Lugar de realización	Taller	
PARAMETROS PRINCIPALES						
Equipo	Detector holiday de esponja húmeda			Especificación técnica	NACE RP0188	
REGISTRO						
Fecha	Hora	Equipo utilizado	Localización	Resultado de inspección	Sistema de recubrimiento	Resultado de la inspección
01 – mar - 2017	10:45	TINKER & RASOR M/1 SERIE/120209 90K-OUT / 80K-IN ESPONJA HÚMEDA	Exterior autotanque	ACEPTADO	CARBOTHANE 184 HG	ACEPTADO
Conclusiones: <u>Se identifican los sitios donde hay discontinuidad, se proceden a reparar con el recubrimiento Carbothane 134 HG en los sitios afectados, se repite el ensayo de Holiday Detector. El resultado final es aceptado</u>						

ELABORADO POR:

Nombre:
Firma
Fecha:

REVISADO POR:

Nombre:
Firma
Fecha:

APROBADO POR:

Nombre:
Firma
Fecha:

4.11. Resumen de ensayos y resultados.

En la siguiente tabla se detalla de una forma resumida los ensayos realizados con sus concernientes resultados y de tal manera compararlos con los establecidos , determinando si dichos ensayos cumplen o no con los parámetros estipulados en las normas y fichas técnicas respectivas.

Tabla 4-12. Síntesis de ensayos y resultados.

Item	Nombre del ensayo	Norma	Especificación			Resultado	Cumple	
							Si	No
1	Prueba de perfil de anclaje	NACE RP 0287	1 – 3 mils			1,5 – 2,5	X	
2	Guía para la estimación de la probabilidad de condensación antes de la aplicación de la pintura.	ISO 8502-4	1° capa	TA	4 - 40 °C	17 °C	X	
				TS	4 – 40 °C	17 °C	X	
				HR	40 – 90%	72%	X	
				PR	>3 °C	12 °C	X	
			2° capa	TA	10 – 32°C	20 °C	X	
				TS	10 – 32°C	22 °C	X	
				HR	0 – 90%	74%	X	
				PR	>3 °C	15 °C	X	
			3° capa	TA	10 – 38°C	20 °C	X	
				TS	10 – 38°C	18 °C	X	
				HR	10 – 85%	59%	X	
				PR	>3 °C	12 °C	X	
3	Medición de espesor de película seca de pinturas con calibres magnéticos.	SSPC PA2	1° capa	1,60 – 2,40 mils		2,06 mils	X	
			2° capa	4,50 – 6,72 mils		6,20 mils	X	
			3° capa	6,10 – 9,12 mils		7,83 mils	X	
4	Método de prueba estándar para medir la adhesión por prueba de cinta	ASTM D3359	1° capa	0 – 5		1	X	
			2° capa	0 – 5		1	X	
			3° capa	0 -5		1	X	

Tabla 4-12. (Continuación) Síntesis de ensayos y resultados.

5	Prueba de discontinuidad (Holiday) de nuevos revestimientos protectores sobre sustratos conductores.	NACE RP 0188	Máximo 5	2	X	
---	--	-----------------	----------	---	---	--

Fuente. Autores

Cumplidos los respectivos ensayos se concluye que los procedimientos tanto para la preparación de la superficie como para el recubrimiento superficial cumplen con las especificaciones de las normas y fichas técnicas respectivas.

CAPÍTULO V

5. ESTUDIO DE COSTOS

5.1. Detalle de costos directos

Tabla 5-1. Descripción de costos de alquiler.

DESCRIPCION DE COSTOS DE PREPARACION DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO				
EQUIPOS DE ALQUILER				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO/DÍA (USD)	TIEMPO (DÍAS)	COSTO (USD)
COMPRESOR 260 CFM SULLAIR	1	100	9	900
EQUIPO DE GRIT BLASTING	1	50	3	150
EQUIPO DE PINTURA	1	50	9	450
HOLIDAY DETECTOR	1	30	1	30
SUBTOTAL				\$ 1530

PERSONAL				
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO/DÍA (USD)	TIEMPO (DÍAS)	COSTO (USD)
GRANALLADOR	1	60	3	180
PINTOR	1	60	9	540
AYUDANTE DE PINTURA	1	30	9	270
AYUDANTES GENERALES	2	35	2	140
INGENIERÍA	1	70	5	350
INSPECTOR DE CALIDAD	1	70	15	1050
TÉCNICO	1	40	15	600
QA/QC	1	100	15	1500
SUBTOTAL				\$ 4630

RECUBRIMIENTO				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO U.	COSTO
CARBOZINC 11	GAL	6	67,34	404,05
CARBOGUARD 890	GAL	11	52,46	577,12
CARBOTHANE 134 HG	GAL	6	61,21	367,26
SUBTOTAL				1348,43

Fuente. Autores

Tabla 5-2. Costos directos.

DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
Equipos de alquiler	\$ 1530,00
Mano de obra	\$ 4630,00
Recubrimientos	\$1348,43
Asesoría técnica	\$ 100,00
TOTAL	\$ 7608,43

Fuente. Autores

5.2. Costos indirectos

Tabla 5-3. Costos indirectos.

DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
Normas	\$ 200,00
Transporte	\$ 100,00
Impresiones	\$ 150,00
Gastos adicionales	\$ 250,00
TOTAL	\$ 700, 00

Fuente. Autores

5.3. Costos totales

Tabla 5-4. Costos totales

DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
Costos directos	\$ 7608,43
Costos indirectos	\$ 700,00
TOTAL	\$ 8308,43

Fuente. Autores

Conclusiones

Para la preparación superficial se planeó un proceso que iniciaba con una limpieza de disolventes en base a la norma SSPC-SP1, continuando con un cepillado manual o eléctrico, para después ser sometidos a un granallado mineral o metálico para obtener el perfil de anclaje deseado para el autotanque y finalizando con un lavado de detergente y agua pura todo este procedimiento está basado en las normas NACE 4, NACE1 y NACE 2 respectivamente.

Para el granallado se acordó que el abrasivo a utilizarse en la limpieza exterior donde se dificulta el reciclaje se emplee un abrasivo mineral para evitar problemas ambientales, caso contrario se da para una limpieza interior donde el abrasivo permanece dentro del autotanque y puede ser reciclado para futuros trabajos en este caso se opta por trabajar con una granalla metálica.

Se analizaron diferentes sistemas de recubrimientos entre los cuales los más empleados son los acrílicos, alquídicos y epóxicos siendo este último el idóneo para nuestro trabajo debido a sus excelentes características de resistencia química, mecánica y de impermeabilización que lo distinguen de los demás sistemas.

Se estudiaron varios sistemas de aplicación recubrimiento exterior que iban desde una monocapa hasta un tricapa en diferentes dimensiones de espesor cada uno, se determinó que dos sistemas eran adecuados para nuestra labor ambos eran tricapa con varianzas en la segunda capa; un sistema utilizaba un epoxi poliamina y el otro un epoxi alto en sólidos siendo este último el escogido por su alta dureza para soportar las altas presiones ejercidas por el GLP.

Para determinar cuál sería la marca comercial de recubrimiento a utilizar en nuestro proyecto se estudiaron seis de las más reconocidas marcas a nivel internacional y se las comparó con parámetros como el rendimiento teórico, espesores de película seca, costo por galón, etc., optando por la marca CARBOLINE que resultó ser la más eficiente en términos de rendimiento y espesores de película seca, además de ofrecer costos muy asequibles para el proyecto.

El manual de procedimientos de control de calidad a la preparación y recubrimiento superficial de autotanques de GLP se elaboró de tal manera que cumpla con los parámetros establecidos por la norma NACE, para evitar pérdidas económicas, limpiezas superficiales inadecuadas, desperdicios de recubrimientos, accidentes laborales y garantizar su correcta preparación superficial.

Recomendaciones

Las empresas deben capacitar al personal para que así tengan un amplio conocimiento en lo que respecta a la preparación de superficie y aplicación de recubrimiento para así realizar un trabajo adecuado, cumpliendo en base a lo que especifica las normas y estándares solicitados por el cliente.

En lo que corresponde a la preparación de la superficie, se debe tener los equipos necesarios y en buen estado, como son el compresor de aire y el material abrasivo, al momento de realizar la limpieza superficial para así evitar una mala preparación superficial y por ende una mala aplicación del recubrimiento, y así mismo tener los instrumentos calibrados para evitar lecturas erróneas.

Se debe elaborar un registro de manera explicativa y correcta de cada paso que se realiza en la ejecución del trabajo, para que así el cliente pueda entender e interpretar cada uno de los procedimientos realizados y resultados obtenidos, y así verificar que se esté cumpliendo su petición.

Al momento de la aplicación del recubrimiento, se debe seguir las recomendaciones que nos indican los diferentes fabricantes de recubrimientos y de equipos para usar de manera adecuada el tipo de método de aplicación, el tipo boquilla requerido y las presiones necesarias para un sistema de recubrimiento en particular.

Tanto para la preparación de superficie como para la aplicación de recubrimiento, hay que tener la vestimenta de trabajo adecuado como son el overol, casco, botas, guantes, mascarilla, para así evitar accidentes.

Debido a los problemas de espesores que se obtuvieron durante su aplicación, es necesario que la empresa tengan los instrumentos correctos para controlar la medición del espesor de película húmeda, el cual ayudará a tener los valores del espesor de película seca adecuados y así cumplir con los rangos establecidos ya sea del cliente como la que especifica la ficha técnica del recubrimiento.

Bibliografía

GUIDICE, Carlos & PEREYRA, Andrea. *Tecnología de pinturas y recubrimientos* [En línea]. Buenos Aires-Argentina, 5 de noviembre de 2009. [Consulta: 5 de enero de 2017.] Disponible en: http://www.edutecne.utn.edu.ar/tecn_pinturas/A-TecPin_I_a_V.pdf.

JUAREZ, Abraham. *Psicrómetro* [En línea]. Cordoba, 2008. [Consulta: 5 de Diciembre de 2016.] Disponible en: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/2008/CORDOBA/1324/trabajo/psicrometro.html>.

ÁLAVA INGENIEROS. *Ensayos climáticos* [En línea]. España, 2017. [Consulta: 3 de Marzo de 2017.] Disponible en: <http://www.grupoalava.com/ingenieros/productos/instrumentacion-y-ensayos/sistemas-para-ensayos/ensayos-ambientales/ensayos-climaticos/>.

ROMERO, Belkis & FERMIN, Karen. *Evaluación de los criterios de diseño y configuración estructural de recipientes a presión* [En línea]. Barcelona, Agosto de 2010. [Consulta: 10 de Mayo de 2017.] Disponible en: <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2691/1/018-TESIS.IQ.pdf>.

BYK. *Introducción* [En línea]. 9 de Septiembre de 2014. [Consulta: 3 de Marzo de 2017.] Disponible en: http://www.byk.com/fileadmin/byk/support/instruments/theory/physical-properties/es/Intro_Adherencia.pdf.

CARBOLINE. *Quien es carboline* [En línea]. Estados Unidos, 2017. [Consulta: 7 de Marzo de 2017.] Disponible en: <http://www.carboline.com/about-us/who-we-are/>.

CONTACTO. *Clasificación de los ambientes corrosivos* [En línea]. Bogota-Colombia, 2016. [Consulta: 13 de Febrero de 2017.] Disponible en: http://www.construdata.com/BancoConocimiento/P/pinturas_industriales/pinturas2.htm.

CYM. *Granallado, normas de preparación de superficie* [En línea]. Santa fe-Argentina, 06 de Mayo de 2012. [Consulta: 15 de Noviembre de 2016.] Disponible en: <http://www.utp.edu.co/cms-utp/data/bin/UTP/web/uploads/media/contratacion/documentos/granallado-normas-preparacion-de-superficie.pdf>

DEVOE. *Quien es devoe* [En línea]. Estados Unidos, 2017. [Consulta: 5 de Marzo de 2017.] Disponible en: <http://www.international-pc.com/north-america/devoe/devoe-coatings.aspx>.

ELCOMETER. *Ruedas para película húmeda* [En línea] 2015. [Consulta: 9 de Febrero de 2017.] Disponible en: <http://www.elcometer.com/es/inspeccion-revestimientos/espesor-de-la-pelculahmeda-y-polvo/ruedas-para-pelculahmeda/ruedas-para-pelculahmeda-elcometer-3230.html>.

OTERO HUERTA, Enrique. *Corrosion y degradacion de materiales*. Madrid : Sintesis, 2012 pp. 20-31.

FANCUTT, F. & HUDSON, J.C. *Proteccion por pintura de estructuras metalicas*. Madrid: Blume, 1971 p 13.

HERMÓGENES, Gil. *Pintura y guarnecidos interiores*. Barcelona: CEAC, 2001 pp. 11-20.

GUTIERREZ, Humberto & DE LA VARA, Román. *Control de calidad estadístico y seis sigma*. Mexico D.F. : McGraw-Hill, 2009 pp. 100-107.

HEMPEL. *Que es el epoxi* [En línea]. Estados Unidos, 2014. [Consulta: 22 de NOVIEMBRE de 2016.] Disponible en: http://www.epoxi.depintur.com/que_es_el_epoxi.html.

HEMPEL. *Que es hempel* [En línea]. España, 2017. [Consulta: 6 de Marzo de 2017.] Disponible en: <http://www.hempel.es/es-ES/about-hempel>.

INTERNATIONAL. *Quien es international* [En línea]. Estados Unidos, 2017. [Consulta: 4 de Marzo de 2017.] Disponible en: <http://www.yachtpaint.com/esp/diy/about-us/default.aspx>.

NEBRERA HERRERA, Jaime. *Introduccion a la calidad* [En línea]. España, 7 de Julio de 2005. [Consulta: 22 de Enero de 2017.] Disponible en: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/info_dir/introduccion_a_la_calidad.pdf.

JET. *Quien es jet* [En línea]. Peru, 2017. [Consulta: 6 de Marzo de 2017.] Disponible en: http://www.pinturasjet.pe/quienes_somos.html.

ABARCA GARCIA, Juan. *Manual de pintura para mantenimiento industrial y marino*. Costa Rica : EDITORAMA, 2003 pp. 17-51

AZUAGA, Leiva. *Corrosion Metalica* [En línea]. España, 14 de Noviembre de 2015. [Consulta: 11 de Noviembre de 2016.] Disponible en: <http://slideplayer.es/slide/3074399/>.

LUMAQUIN. *Medidor de espesor en húmedo* [En línea]. Alemania, 25 de Febrero de 2013. [Consulta: 9 de Febrero de 2017.] Disponible en: http://www.lumaquin.com/productos/pdf/MEDIDOR_ESPESOR_HUMEDO_BYK.pdf.

MEASURE CONTROL. *Que es Cpk* [En línea]. España, 17 de Noviembre de 2011. [Consulta: 10 de Abril de 2017.] Disponible en: <http://www.measurecontrol.com/que-es-cpk/>.

MESS. *Kit text press o film* [En línea]. Buenos Aires-Argentina, 2017. [Consulta: 3 de Marzo de 2017.] Disponible en: <http://messmedicion.com.ar/producto/press-o-film/>.

METAFORICO. *Metodo del valor ganado* [En línea]. Santiago-Chile, Agosto de 2010. [Consulta: 20 de Enero de 2017.] Disponible en: <http://www.metaproject.cl/img/biblioteca/5926>

81-revista-metaforico-agosto-2010-n%C2%BA38.pdf.

BLESA PEREZ, Miguel. *Autotankes* [En línea]. España, 14 de enero de 2014. [Consulta: 9 de Noviembre de 2016.] Disponible en: <http://es.slideshare.net/b22tf1/presentacion-autotankes>.

NACE. *Quien es NACE Internacional* [En línea]. Houston-Texas, Estados Unidos, 2016. [Consulta: 24 de Octubre de 2016.] Disponible en: <http://www.nace.org/About-NACE/>.

ESTUARDO ALVARADO, Pablo. *Pinturas y recubrimientos* [En línea]. Guatemala, Septiembre de 2011. [Consulta: 5 de Enero de 2017.] Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_2967.pdf.

QUIMINET. *Las resinas alquídicas y su clasificación* [En línea]. Mexico D.F, 14 de febrero de 2007. [Consulta: 22 de noviembre de 2016.] Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/as-resinas-alquidicas-y-su-clasificacion-18388.htm>.

SCRIBD. *Curso de corrosion basica* [En línea]. España, 15 de Enero de 2004. [Consulta: 20 de Enero de 2017.] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/90052576/capitulo-6>.

SIGMA. *Quien es Sigma* [En línea]. Estados Unidos, 2017. [Consulta: 5 de Marzo de 2017.] Disponible en: <http://www.sigmacoatings.com/>.

SOPORTE DE MINITAB. *Que son los indices de capacidad* [En línea]. España, 2016. [Consulta: 10 de Abril de 2017.] Disponible en: <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/quality-tools/capability-analyses/capability-metrics/what-are-capability-indices/>.

SPY. *Medidor de discontinuidad* [En línea]. Houston-Texas, Estados Unidos, 21 de Noviembre de 2013. [Consulta: 3 de Marzo de 2017.] Disponible en: <http://www.picltd.com/spanish/PDF/manuales/PHD2.pdf>.

TECNOMETRICA. *Medidor de Espesor de Pintura Húmeda* [En línea]. Mexico, 2016. [Consulta: 9 de Febrero de 2017.] Disponible en: <https://www.tecnometrica.com.mx/Medidor-de-Espesor-de-Pintura-Humeda-Modelo-T-2042.html>.

TWILIGHT. *Medidor de adherencia* [En línea]. Mexico, 2015. [Consulta: 3 de Marzo de 2016.] Disponible en: <http://twilight.mx/Medidores-de-Adhesion/Kit-de-Adhesion.html>.